



**HAL**  
open science

**Le morcellement des connaissances en physiologie : du constat à la remédiation**  
**Intégration du paradigme de la complexité dans l'étude de la construction des liens entre différents concepts enseignés en physiologie, aux niveaux des pratiques enseignantes et des productions des élèves.**

Fadi El Hage

► **To cite this version:**

Fadi El Hage. Le morcellement des connaissances en physiologie : du constat à la remédiation Intégration du paradigme de la complexité dans l'étude de la construction des liens entre différents concepts enseignés en physiologie, aux niveaux des pratiques enseignantes et des productions des élèves.. Education. Université de Montpellier 2; Université Saint-Joseph, Beyrouth, 2005. Français. NNT : . tel-00413745

**HAL Id: tel-00413745**

**<https://theses.hal.science/tel-00413745v1>**

Submitted on 6 Sep 2009

**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.

**UNIVERSITE MONTPELLIER II  
SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC  
UNIVERSITE SAINT-JOSEPH  
BEYROUTH (LIBAN)**

# **THESE**

## **THESE en Co-tutelle**

Pour obtenir le grade de

**DOCTEUR DE L'UNIVERSITE MONTPELLIER II  
et de  
L'UNIVERSITE SAINT JOSEPH DE BEYROUTH**

*Discipline : Didactique de la Biologie*

*Formation Doctorale : Construction des savoirs scientifiques :*

*Didactique, Histoire et Epistémologie*

*Ecole Doctorale : Ecole Doctorale Informatique et Information pour la Société  
(E.D.I.I.S)*

Présentée et soutenue publiquement par

**Fadi EL HAGE**

le 21 avril 2005 à la Faculté des Sciences de l'Université Saint-Joseph de Beyrouth

## **TITRE**

### **Le morcellement des connaissances en physiologie : du constat à la remédiation**

*Intégration du paradigme de la complexité dans l'étude de la  
construction des liens entre différents concepts enseignés en  
physiologie, aux niveaux des pratiques enseignantes et des  
productions des élèves.*

## **JURY**

M. Gérard LEFRANC (Professeur, Université Montpellier II)  
Mme Mireille KALLASSI (Professeur, Université Saint-Joseph, Beyrouth)  
Mme Laurence SIMONNEAUX (Professeur, ENFA, Toulouse)  
M. Saouma ABOU JAOUDE (Professeur, Université Américaine, Beyrouth)  
M. Yves LENOIR (Professeur, Université de Sherbrooke, Canada)  
M. Daniel FAVRE (Professeur, IUFM de Montpellier)

Président  
Codirecteur  
Rapporteur  
Rapporteur  
Rapporteur  
Directeur

## **REMERCIEMENTS**

Au terme de ce parcours, je m'arrête un instant pour dire « merci » à tous ceux qui m'ont aidé, tant par leurs encouragements et leurs conseils que par leur présence.

Plus particulièrement

À Monsieur Daniel Favre, Enseignant-chercheur en didactique de l'Université Montpellier II, actuellement Professeur en Sciences de l'éducation à l'IUFM de l'Académie de Montpellier et directeur de cette recherche, pour avoir patiemment encadré ce travail avec passion et professionnalisme, et pour m'avoir appris la patience, la persévérance et surtout l'humilité.

À Madame Mireille Kallassi, Directrice du département des Sciences de la Vie et de la Terre à la faculté des Sciences de l'Université Saint-Joseph de Beyrouth, pour ses conseils et sa bienveillance.

À Monsieur Saouma Boujaoude, Directeur du département d'éducation à l'Université Américaine de Beyrouth, pour ses conseils, pour son suivi professionnel et pour avoir accepté d'être rapporteur de cette thèse.

À Monsieur Yves Lenoir, Professeur à l'Université de Sherbrooke, pour ses conseils précieux suite à la communication de Varsovie et pour avoir accepté d'être rapporteur de cette thèse.

À Madame Laurence Simmoneaux, Professeur à l'ENFA, Toulouse, pour avoir accepté d'être rapporteur de cette thèse.

À Monsieur Gérard Lefranc, Professeur à l'Université de Montpellier II, pour avoir accepté d'être Président du Jury.

À Monsieur Nassim Farès, spécialiste en physiologie et enseignant à la Faculté de médecine et à la faculté des Sciences de l'Université Saint-Joseph de Beyrouth, pour la validation des réponses attendues aux questionnaires et pour son intervention au cours de la session de formation des enseignants.

À Madame Mona Charabati, Psychanalyste, thérapeute clinique et Mademoiselle Soula Ward, Formatrice en analyse transactionnelle (AT) et en programmation neurolinguistique (PNL), pour leur intervention au cours de la session de formation des enseignants.

À Monsieur Walid Semman, PDG et propriétaire de la société Matrix, pour son aide et ses conseils dans le traitement statistique des résultats.

*Ce travail n'aurait jamais vu le jour sans les élèves qui ont accepté de compléter les questionnaires (parfois très longs) et sans mes collègues, les enseignants de biologie, qui ont accepté de s'impliquer dans cette recherche, en participant à la session de formation et en expérimentant les dispositifs pédagogiques dans leurs classes.*

Je remercie particulièrement Monsieur Ragi Abou Chacra, Doyen de la faculté des Sciences de l'Université Saint-Joseph de Beyrouth, pour m'avoir donné l'occasion de réaliser cette thèse et m'avoir appris la discrétion bienveillante.

Je remercie très sincèrement mes amis

Lara, Carla et Ziad qui m'ont aidé, accompagné et soutenu pendant les moments difficiles et Joelle pour m'avoir lu et corrigé avec patience et affection. Merci d'être là.

## Tables des matières

|          |   |    |
|----------|---|----|
| <b>1</b> | <b>INTRODUCTION ET PROBLEMATIQUE GENERALE</b>   | 14 |
| <b>2</b> | <b>CADRE THEORIQUE</b>  | 22 |
| 2.1      | <b>Aperçu historique de la genèse de la pensée complexe</b>   | 22 |
| 2.2      | <b>Le paradigme de la complexité</b>  | 24 |
| 2.2.1    | De l'approche analytique à l'approche systémique  | 26 |
| 2.2.2    | Du paradigme de la simplification au paradigme de la complexité   | 29 |
| 2.2.3    | Du morcellement des connaissances aux remembrements « poly », « inter », « intra » et « trans » disciplinaires  | 33 |
| 2.2.3.1  | Morcellements et liens  | 33 |
| 2.2.3.2  | Poly- inter et trans-disciplinarité   | 36 |
| 2.2.4    | Du remembrement inter-transdisciplinaire au remembrement intradisciplinaire   | 36 |
| 2.2.5    | De la transversalité inter et intradisciplinaire à la transférabilité   | 43 |
| 2.2.6    | Le réductionnisme de l'approche linéaire de la transposition didactique   | 46 |
| 2.3      | <b>Le constructivisme</b>   | 52 |
| 2.3.1    | Apprentissage par résolution de problème (ARP) ou Problem based learning (PBL)  | 54 |
| 2.3.1.1  | Définitions et enjeux de l'apprentissage par résolution de problèmes ou PBL   | 54 |
| 2.3.1.2  | Les caractéristiques du PBL   | 57 |
| 2.3.1.3  | Le PBL et la pédagogie du projet  | 59 |
| 2.3.1.4  | Avantages de l'apprentissage par résolution de problème (PBL)   | 60 |
| 2.3.1.5  | L'apprentissage par résolution de problèmes, en classe  | 61 |
| 2.3.2    | Apprentissage par construction de cartes conceptuelles  | 63 |
| 2.4      | <b>La formation des enseignants</b>   | 66 |
| 2.4.1    | Professionnalisation du métier d'enseignant   | 66 |
| 2.4.2    | De la formation initiale à la formation continue  | 69 |
| 2.4.3    | Peut-on former les enseignants à la complexité ?  | 71 |
| 2.5      | <b>La dimension affective en éducation</b>  | 73 |
| 2.5.1    | Les changements conceptuels « chauds » et « froids »  | 74 |
| 2.5.2    | Les liens interhumains dans l'opération éducative   | 75 |
| 2.5.3    | De l'affectivité en éducation à la construction de « sens »   | 77 |
| 2.5.4    | De l'affectivité en éducation à l'éducation de l'affectivité  | 78 |
| 2.6      | <b>L'épistémologie de l'erreur</b>  | 79 |
| 2.6.1    | La prise en compte de la dimension affective au niveau du rôle de l'erreur dans l'évaluation formative  | 80 |
| 2.6.2    | Statut de l'erreur dans une pédagogie constructiviste   | 82 |
| 2.7      | <b>Conclusion</b>   | 82 |
| <b>3</b> | <b>METHODOLOGIE</b>   | 84 |
| 3.1      | <b>Objectif opérationnel N° 1 (2001-2002) : Analyser les conceptions des élèves concernant leur capacité à relier les connaissances en physiologie</b>              | 85 |
| 3.1.1    | Population  | 85 |
| 3.1.2    | Instruments de mesure   | 86 |
| 3.1.2.1  | La construction des situations-problèmes du questionnaire N°1   | 86 |
| 3.1.2.2  | Le mode d'analyse des réponses obtenues aux situations-problèmes  | 87 |
| 3.1.2.3  | La construction des questions fermées du questionnaire N°2  | 88 |
| 3.1.3    | Validation des réponses attendues aux questionnaires par un expert en physiologie   | 89 |
| 3.1.4    | Le traitement quantitatif et statistique des données recueillies  | 91 |
| 3.1.4.1  | Traitement quantitatif des résultats  | 91 |
| 3.1.4.2  | Traitement statistique des résultats  | 92 |
| 3.2      | <b>Objectif opérationnel N° 2 (2002-2003) : Analyser les conceptions des enseignants concernant la construction de liens entre les connaissances en physiologie</b> | 93 |
| 3.2.1    | Population  | 94 |
| 3.2.2    | Instrument de mesure  | 95 |
| 3.2.3    | Traitement quantitatif  | 95 |

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| <b>3.3</b> | <b>Objectif opérationnel N° 3 (2002-2003) : La formation des enseignants</b>  | 95  |
| 3.3.1      | Population  | 96  |
| 3.3.2      | Objectifs, organisation et contenu de la session de formation des enseignants   | 96  |
| 3.3.2.1    | Objectifs de la session de formation des enseignants  | 96  |
| 3.3.2.2    | Contenu de la session de formation des enseignants  | 97  |
| 3.3.3      | Outils de formation et production   | 97  |
| 3.3.4      | L'application des outils de formation dans les classes expérimentales   | 100 |
| <b>3.4</b> | <b>Objectif opérationnel N° 4 (2002-2003) : Mesurer l'effet de la formation des enseignants sur les productions de leurs élèves</b>   | 100 |
| 3.4.1      | Population  | 101 |
| 3.4.2      | Instruments de mesure   | 103 |
| 3.4.2.1    | Les questionnaires du pré-test :  | 104 |
| 3.4.2.2    | Les questionnaires du post-test :   | 104 |
| 3.4.3      | Traitement quantitatif et statistique   | 105 |
| <b>3.5</b> | <b>Objectif opérationnel N° 5 (2003-2004) : Valider l'évolution des conceptions des enseignants ayant participé à la session de formation</b>                                 | 105 |
| <b>3.6</b> | <b>Schéma synoptique résumant la méthodologie de cette recherche</b>  | 106 |
| <b>4</b>   | <b>RESULTATS</b>  | 108 |
| <b>4.1</b> | <b>L'état des lieux concernant la capacité des élèves à relier les connaissances entre elles en physiologie</b>   | 108 |
| 4.1.1      | Partie I : Traitement des réponses obtenues aux situations - problèmes  | 109 |
| 4.1.1.1    | Interrelations entre les systèmes digestif, circulatoire et excréteur   | 109 |
| 4.1.1.2    | Interrelations entre le système respiratoire et le système circulatoire   | 112 |
| 4.1.1.3    | Interrelations entre le système nerveux et les systèmes : circulatoire, respiratoire & digestif   | 116 |
| 4.1.2      | Partie II: Traitement des réponses obtenues aux questions fermées   | 119 |
| 4.1.2.1    | Analyse des résultats en fonction des différents systèmes physiologiques  | 120 |
| 4.1.2.2    | Etude de l'impact de l'inversion de la question sur les réponses obtenues   | 149 |
| 4.1.2.3    | Etude de l'impact des conceptions d'origine sociale sur les conceptions d'origine scolaire concernant les liens mobilisés avec le système nerveux                             | 154 |
| 4.1.3      | Conclusion partielle pour : état des lieux concernant la capacité des élèves à relier les connaissances entre elles   | 159 |
| <b>4.2</b> | <b>Conceptions des enseignants</b>  | 161 |
| 4.2.1      | Partie I : Etat des lieux des enseignants   | 162 |
| 4.2.1.1    | Section A : Formation et attentes des enseignants   | 162 |
| 4.2.1.2    | Section B : Les représentations des enseignants   | 164 |
| 4.2.1.3    | Section C : Le rapport des enseignants au concept de l'erreur   | 168 |
| 4.2.2      | Partie II : La compétence des enseignants à résoudre des situations-problèmes, avant le stage de formation  | 169 |
| 4.2.3      | Conclusion partielle concernant les conceptions des enseignants   | 170 |
| <b>4.3</b> | <b>Evaluation des effets de la formation des enseignants sur les productions des élèves</b>   | 171 |
| 4.3.1      | Partie I : Comparaison des réponses des élèves des groupes témoins « t » et expérimentaux « e » au pré-test   | 172 |
| 4.3.1.1    | Comparaison des productions des élèves par situation du pré-test, pour les groupes « t » et « e »   | 173 |
| 4.3.2      | Partie II : Comparaison entre les résultats du pré-test et du post-test pour chacun des deux groupes « t » et « e » afin d'évaluer les effets de la formation des enseignants | 182 |
| 4.3.2.1    | Analyse de l'effet de la formation des enseignants sur l'évolution des conceptions des élèves concernant les situations-problèmes   | 183 |
| 4.3.3      | Partie III : Comparaison entre les résultats obtenus à la nouvelle situation-problème proposée au post-test pour chacun des deux groupes « T » et « E »                       | 210 |
| 4.3.4      | Partie III : Évolution des conceptions des enseignants ayant participé à la session de formation  | 213 |
| <b>4.4</b> | <b>Conclusion partielle : Evaluation de l'effet de la formation des enseignants sur les changements conceptuels</b>   | 215 |
| 4.4.1      | Avant l'intervention de la formation. Au niveau du pré-test :   | 215 |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 4.4.2      | Effet de la formation. Comparaison pré-test / post-test : .....   | 215        |
| 4.4.2.1    | Au niveau des situations-problèmes .....  | 216        |
| 4.4.2.2    | Au niveau des questions fermées.....  | 217        |
| 4.4.2.3    | Au niveau de la nouvelle situation du post-test .....   | 218        |
| 4.4.2.4    | Au niveau des enseignants qui ont participé à la session de formation .....   | 218        |
| <b>5</b>   | <b>DISCUSSION GENERALE ET CONCLUSIONS</b> .....   | <b>220</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Les conceptions des élèves concernant les liens construits entre les concepts enseignés en physiologie</b> .....   | <b>221</b> |
| 5.1.1      | La capacité des élèves à résoudre des problèmes en mobilisant des liens entre les systèmes physiologiques.....  | 221        |
| 5.1.1.1    | La capacité des élèves à résoudre des problèmes en mobilisant des liens entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur .....                                | 222        |
| 5.1.1.2    | La capacité des élèves à résoudre des problèmes en mobilisant des liens entre le système respiratoire et le système circulatoire.....   | 225        |
| 5.1.1.3    | La capacité des élèves à résoudre des problèmes en mobilisant des liens entre le système nerveux et les systèmes circulatoire, respiratoire & digestif.....                             | 229        |
| 5.1.1.4    | L'absence de la prise en compte de la complexité dans la résolution de problèmes .....  | 231        |
| 5.1.2      | La capacité des élèves à relier les connaissances en physiologie, en répondant à des questions fermées.....   | 232        |
| 5.1.2.1    | Les conceptions mobilisées concernant les « liens directs » et les liens « en ricochets ou en réseaux » entre les systèmes physiologiques analysés.....                                 | 233        |
| 5.1.2.2    | Les conceptions conjoncturelles mobilisées en fonction du contexte et de la formulation de la question .....  | 234        |
| 5.1.2.3    | Les conceptions reflétant un morcellement des connaissances concernant les liens mobilisés entre les systèmes physiologiques analysés et le système nerveux .....                       | 235        |
| 5.1.2.4    | L'impact de l'inversion de la question sur les réponses obtenues .....  | 236        |
| 5.1.2.5    | L'influence des conceptions d'origine sociale sur les conceptions d'origine scolaire .....  | 237        |
| 5.1.3      | Conclusion concernant la compétence des élèves à relier les concepts enseignés en physiologie.....  | 238        |
| <b>5.2</b> | <b>Les conceptions des enseignants concernant les liens construits entre les concepts enseignés en physiologie</b> .....  | <b>239</b> |
| 5.2.1      | Les conceptions des enseignants concernant la construction des « liens entre les connaissances ».....   | 239        |
| 5.2.2      | La compétence des enseignants à résoudre des problèmes en mobilisant des liens entre le système digestif, le système circulatoire, le système respiratoire et le système excréteur..... | 243        |
| <b>5.3</b> | <b>L'introduction du paradigme de la complexité dans la formation continue des enseignants</b> .....  | <b>244</b> |
| 5.3.1      | Des outils pédagogiques favorisant la construction de liens entre les connaissances : PBL et cartes conceptuelles .....   | 246        |
| 5.3.1.1    | L'apprentissage par résolution de problème.....   | 247        |
| 5.3.1.2    | La construction des cartes conceptuelles.....   | 248        |
| 5.3.2      | La prise en compte de la dimension affective en éducation .....   | 251        |
| 5.3.3      | L'effet de la formation sur l'évolution des conceptions des enseignants .....   | 253        |
| 5.3.4      | Conclusion concernant la formation des enseignants à la complexité.....   | 256        |
| <b>5.4</b> | <b>L'évaluation de l'effet de la formation sur l'évolution des conceptions des élèves</b> .....   | <b>257</b> |
| 5.4.1      | Le développement de la compétence des élèves à résoudre des problèmes en mobilisant des liens entre les systèmes physiologiques.....  | 258        |
| 5.4.1.1    | Evolution des conceptions des élèves concernant les liens mobilisés entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur .....                                    | 258        |
| 5.4.1.2    | Evolution des conceptions des élèves concernant les liens mobilisés entre le système respiratoire et le système circulatoire .....  | 259        |
| 5.4.1.3    | Evolution des conceptions des élèves concernant les liens mobilisés entre le système nerveux, système respiratoire et le système circulatoire.....                                      | 260        |
| 5.4.1.4    | Conclusion .....  | 261        |
| 5.4.2      | L'évolution des conceptions des élèves concernant les liens construits entre les systèmes physiologiques.....   | 263        |

|   |     |
|---|-----|
| 5.4.2.1 Les liens mobilisés en fonction du système physiologique considéré.....   | 263 |
| L'évolution des conceptions des élèves concernant les liens mobilisés entre les systèmes physiologiques a été statistiquement significative chez les élèves de l'échantillon « E » au post - test, au niveau des systèmes physiologiques suivants : ..... | 263 |
| 5.4.2.2 Les liens mobilisés en fonction du niveau académique considéré.....   | 264 |
| 5.4.2.3 Conclusion .....  | 265 |
| <b>5.5 La place de l'erreur dans l'apprentissage</b> .....  | 266 |
| 5.5.1 Le nouveau rapport entretenu au concept de l'erreur par les enseignants .....   | 267 |
| 5.5.2 Le nouveau rapport entretenu au concept de l'erreur par les élèves .....  | 268 |
| 5.5.3 Le lien existant entre les erreurs connues en histoire des sciences et les obstacles didactiques .....  | 273 |
| <b>5.6 La construction de liens entre les connaissances constitue-t-elle une compétence transférable ?</b> .....  | 277 |
| <b>5.7 Les contraintes et les limites de cette recherche</b> .....  | 280 |
| <br>  |     |
| <b>6- CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b> .....  | 284 |
| 6.1- Le morcellement des connaissances en physiologie : un fait établi .....  | 285 |
| 6.2- La prise en compte de la complexité dans l'enseignement de la physiologie .....  | 286 |
| 6.3- La formation des enseignants .....   | 288 |
| 6.4- Perspectives .....   | 291 |
| <br>  |     |
| <b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....  | 295 |

## Liste des figures

- Figure 2-1: la prise en compte de la complexité dans la transposition didactique.
- Figure 3-1 : liens entre les systèmes nerveux, respiratoire et circulatoire, face à un sentiment de peur. D'après N. Farés, expert en physiologie humaine
- Figure 4-1: répartition (par ordre décroissant) des liens mobilisés entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques
- Figure 4-2: répartition (par ordre décroissant) des liens mobilisés entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques
- Figure 4-3: répartition (par ordre décroissant) des liens mobilisés entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques
- Figure 4-4: répartition (par ordre décroissant) des liens mobilisés entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques
- Figure 5-1 : Exploitation de l'erreur dans la détermination d'un objectif obstacle en tant que possibilité de remédiations

## Liste des tableaux

- Tableau 3-1 : Description de l'échantillon utilisé pour analyser les conceptions des élèves concernant leur capacité à relier les connaissances en physiologie.
- Tableau 3-2: Echantillon des enseignants : Classes enseignées, Formation et expérience dans l'enseignement.
- Tableau 3-3 : programme hebdomadaire de la session de formation des enseignants
- Tableau 3-4: Méthodologie du déroulement de l'apprentissage par résolution de problème (PBL), tableau adapté d'après les théories de Pochet (1995).
- Tableau 3-5: Profil des enseignants de l'échantillon « E »
- 
- Tableau 4-1: pourcentage des élèves de Seconde qui ont mobilisé des liens entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques
- Tableau 4-2: pourcentage des élèves de Cinquième qui ont mobilisé des liens entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques
- Tableau 4-3: Comparaison des pourcentages « contrastés » des élèves de Seconde et de Cinquième qui mobilisent des liens entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques
- Tableau 4-4: pourcentage des élèves de Seconde qui ont mobilisé des liens entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques
- Tableau 4-5: pourcentage des élèves de Cinquième qui ont mobilisé des liens entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques
- Tableau 4-6: pourcentages « contrastés » des élèves de Seconde et de Cinquième qui mobilisent des liens entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques
- Tableau 4-7: pourcentage des élèves de Seconde qui ont mobilisé des liens entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques
- Tableau 4-8: pourcentage des élèves de Cinquième qui ont mobilisé des liens entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques
- Tableau 4-9: pourcentages « contrastés » des élèves de Seconde et de Cinquième qui mobilisent des liens entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques
- Tableau 4-10: pourcentage des élèves de Seconde qui ont mobilisé des liens entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques

- Tableau 4-11: pourcentage des élèves de Cinquième qui ont identifié les liens entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques
- Tableau 4-12: pourcentages « contrastés » des élèves de Seconde et de Cinquième qui mobilisent des liens entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques
- Tableau 4-13: comparaison entre les pourcentages des élèves qui répondent différemment selon l'ordre de présentation des éléments des liens recherchés : SD ↔ SR
- Tableau 4-14 : comparaison entre les pourcentages des élèves qui répondent différemment selon l'ordre de présentation des éléments des liens recherchés : SD ↔ SC
- Tableau 4-15 : comparaison entre les pourcentages des élèves qui répondent différemment selon l'ordre de présentation des éléments des liens recherchés : SD ↔ SN
- Tableau 4-16 : comparaison entre les pourcentages des élèves qui répondent différemment selon l'ordre de présentation des éléments des liens recherchés : SC ↔ SR
- Tableau 4-17 : comparaison entre les pourcentages des élèves qui répondent différemment selon l'ordre de présentation des éléments des liens recherchés : SR ↔ SN
- Tableau 4-18 : comparaison entre les pourcentages des élèves qui répondent différemment selon l'ordre de présentation des éléments des liens recherchés : SN ↔ SC
- Tableau 4-19 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens d'origines scolaire et sociale entre le système digestif et le système nerveux
- Tableau 4-20: pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens d'origines scolaire et sociale entre le système respiratoire et le système nerveux
- Tableau 4-21 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens d'origines scolaire et sociale entre le système circulatoire et le système nerveux
- Tableau 4-22 : attentes des enseignants de Seconde et de Cinquième de la session de formation.
- Tableau 4-23: les besoins de formation chez les enseignants de Seconde et de Cinquième.
- Tableau 4-24 : les représentations que les enseignants se font des difficultés rencontrées par leurs élèves.
- Tableau 4-25 : pourcentages des enseignants en fonction des compétences qui leur semblent les plus importantes à développer chez leurs élèves.
- Tableau 4-26: les objectifs fixés par les enseignants lors de l'explication de la partie « physiologie humaine ».
- Tableau 4-27: pourcentages de la fréquence des domaines de compétences évalués par les enseignants.
- Tableau 4-28 : pourcentages des enseignants concernant leurs conceptions du concept de l'erreur.
- Tableau 4-29 : pourcentage des enseignants qui ont mobilisé des liens entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur.
- Tableau 4-30: pourcentage des enseignants qui ont mobilisé des liens entre le système respiratoire et le système circulatoire.
- Tableau 4-31: pourcentage des enseignants qui ont mobilisé des liens entre le sentiment de peur et les systèmes physiologiques analysés.
- Tableau 4-32 : pourcentages des élèves qui ont dessinés les liens entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur en réponse à la situation problème 1 du pré-test.
- Tableau 4-33 : pourcentage des élèves qui ont dessinés les liens entre le système respiratoire et le système circulatoire en réponse à la situation problème 2 du pré-test.
- Tableau 4-34 : pourcentage des élèves qui ont dessinés les liens entre le système nerveux, le système respiratoire, le système circulatoire et le système digestif en réponse à la situation problème 3 du pré-test.

- Tableau 4-35 : pourcentage des élèves qui ont dessiné les liens entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques en réponse à la question fermée 4a du pré-test.
- Tableau 4-36 : pourcentages des élèves qui ont dessiné les liens entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques en réponse à la question fermée 4b du pré-test.
- Tableau 4-37 : pourcentages des élèves qui ont dessiné les liens entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques en réponse à la question 4c du pré-test.
- Tableau 4-38 : pourcentages des élèves qui ont dessiné les liens entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques en réponse à la question 4d du pré-test.
- Tableau 4-39 : pourcentages des élèves qui ont dessiné les liens entre le système excréteur et les autres systèmes physiologiques en réponse à la question 4e du pré-test.
- Tableau 4-40 : moyennes des « mots attendus » et « non attendus » obtenues au pré-test au niveau des situations-problèmes et des questions fermées.
- Tableau 4-41 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur.
- Tableau 4-42 : moyennes des éléments attendus et non attendus dessinés par les élèves, concernant le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur.
- Tableau 4-43 : pourcentages des élèves qui ont arrêté le trajet du dessin au niveau de l'estomac
- Tableau 4-44 : pourcentages des élèves qui ont représenté le plasma et/ou le sang dans leur dessin.
- Tableau 4-45 : pourcentages des élèves qui ont représenté la cellule dans leur dessin.
- Tableau 4-46 : pourcentages des élèves qui ont représenté des éléments qui n'ont aucun lien avec la situation proposée
- Tableau 4-47 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens entre le système respiratoire et le système circulatoire.
- Tableau 4-48 : moyennes des éléments attendus (total des éléments attendus = 14) et non attendus dessinés par les élèves, concernant le système respiratoire
- Tableau 4-49 : pourcentages des élèves qui ont arrêté le trajet du dessin au niveau des poumons : conception « poumon-sac »
- Tableau 4-50: pourcentages des élèves qui ont représenté les capillaires sanguins et/ou le sang dans leur dessin
- Tableau 4-51: pourcentages des élèves qui ont représenté la cellule dans leur dessin
- Tableau 4-52 : pourcentages des élèves qui ont représenté les capillaires sanguins et/ou le sang et/ ou la cellule dans leurs dessins
- Tableau 4-53 : pourcentages des élèves qui ont établi des liens bizarres
- Tableau 4-54: pourcentages des élèves qui ont mobilisé les liens entre le système nerveux et les systèmes : digestif, circulatoire et respiratoire.
- Tableau 4-55 : moyennes des éléments attendus et non attendus dessinés par les élèves, reliant le système nerveux au système circulatoire, au système respiratoire et au système digestif
- Tableau 4-56 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens avec le système nerveux
- Tableau 4-57 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens avec le système circulatoire
- Tableau 4-58 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens avec le système respiratoire
- Tableau 4-59 : pourcentage des élèves qui ont mobilisé des liens avec le système digestif
- Tableau 4-60: pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens, par marge de 25%, entre le système digestif et les systèmes physiologiques analysés.
- Tableau 4-61 : moyenne des mots attendus et non attendus mentionnés par les élèves, concernant les liens entre le système digestif et les systèmes physiologiques analysés.

- Tableau 4-62 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé par marge de 25% les mots attendus entre le système respiratoire et les systèmes physiologiques analysés
- Tableau 4-63 : moyennes des mots attendus et non attendus mentionnés par les élèves, concernant les liens entre le système respiratoire et les systèmes physiologiques analysés
- Tableau 4-64 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé par marge de 25% les mots attendus entre le système circulatoire et les systèmes physiologiques analysés
- Tableau 4-65 : moyennes des mots attendus et non attendus mentionnés par les élèves, concernant les liens entre le système circulatoire et les systèmes physiologiques analysés
- Tableau 4-66 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé par marge de 25% les mots attendus entre le système nerveux et les systèmes physiologiques analysés
- Tableau 4-67 : moyennes des mots attendus et non attendus mentionnés par les élèves, concernant les liens entre le système nerveux et les systèmes physiologiques analysés
- Tableau 4-68 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé par marge de 25% les mots attendus entre le système excréteur et les systèmes physiologiques analysés
- Tableau 4-69 : moyennes des mots attendus et non attendus mentionnés par les élèves, concernant les liens entre le système excréteur et les systèmes physiologiques analysés
- Tableau 4-70 : pourcentages des élèves qui ont évoqué un essoufflement dû à la diminution de l'espace alvéolaire.
- Tableau 4-71 : *pourcentages des élèves qui ont évoqué un ou plusieurs éléments du système respiratoire.*
- Tableau 4-72: *pourcentages des élèves qui ont évoqué un ou plusieurs éléments du système circulatoire.*
- Tableau 4-73: pourcentages des élèves qui ont évoqué un ou plusieurs éléments du système nerveux.
- Tableau 4-74: *pourcentages des élèves qui ont évoqué un ou plusieurs éléments du système excréteur.*
- Tableau 4-75: pourcentages des élèves qui ont évoqué un ou plusieurs éléments du système digestif.
- Tableau 4-76: *pourcentages des élèves qui ont évoqué des liens avec tous les systèmes physiologiques analysés.*

## Liste des histogrammes

[Histogramme 4-1: pourcentage des élèves de Cinquième et de Seconde qui ont mobilisé des liens entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur](#)

Histogramme 4-2: pourcentage des élèves de Cinquième et de Seconde qui ont mobilisé des liens entre le système respiratoire et le système circulatoire

Histogramme 4-3: pourcentage des élèves de Cinquième et de Seconde qui ont mobilisé des liens entre le sentiment de peur et le système nerveux, le système circulatoire, le système respiratoire et le système digestif

Histogramme 4-4: pourcentage des élèves de seconde qui ont mobilisé entre 50 et 100% des liens entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques

Histogramme 4-5: pourcentage des élèves de cinquième qui ont mobilisé entre 50 et 100% des liens entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques

Histogramme 4-6: pourcentage des élèves de Seconde qui ont mobilisé entre 50 et 100% des liens entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques

Histogramme 4-7: pourcentage des élèves de Cinquième qui ont mobilisé entre 50 et 100% des liens entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques

Histogramme 4-8: pourcentage des élèves de Seconde qui ont mobilisés entre 50 et 100% des liens entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques

Histogramme 4-9: pourcentage des élèves de Cinquième qui ont mobilisé entre 50 et 100% des liens entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques

Histogramme 4-10: pourcentage des élèves de Seconde qui ont mobilisé entre 50 et 100% des liens entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques

Histogramme 4-11 : pourcentage des élèves de Cinquième qui ont mobilisé entre 50 et 100% des liens entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques

Histogramme 4-12 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé au moins 50% des liens d'origines scolaire et sociale entre le système digestif et le système nerveux

Histogramme 4-13 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé au moins 50% des liens d'origine scolaire et sociale entre le système respiratoire et le système nerveux

Histogramme 4-14: pourcentages des élèves qui ont mobilisé au moins 50% des liens d'origine scolaire et sociale entre le système circulatoire et le système nerveux

Histogramme 4-15 : pourcentages des élèves de l'échantillon « E » dont les résultats présentent au moins une différence significatives au niveau des réponses obtenues à la situation1 : Liens avec le système digestif.

Histogramme 4-16: pourcentages des élèves de l'échantillon « E » dont les résultats présentent au moins une différence significatives au niveau des réponses obtenues à la situation1 : Liens avec le système respiratoire

Histogramme 4-17: pourcentages des élèves de l'échantillon « e » dont les résultats présentent au moins une différence significatives au niveau des réponses obtenues à la situation 3 : le système nerveux et les systèmes digestif, circulatoire et respiratoire. système nerveux et les systèmes : digestif, circulatoire, respiratoire, et [excréteur](#)

Histogramme 4-18 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé au moins 50% des liens attendus entre le système digestif et les systèmes physiologiques analysés

Histogramme 4-19 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé au moins 50% des liens attendus entre le système respiratoire et les systèmes physiologiques analysés

Histogramme 4-20 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé au moins 50% des liens attendus entre le système circulatoire et les systèmes physiologiques analysés.

Histogramme 4-21 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé au moins 50% des liens attendus entre le système nerveux et les systèmes physiologiques analysés

Histogramme 4-22 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé de 25% à 50% des liens attendus entre le système excréteur et les systèmes physiologiques analysés.

## Liste des annexes

### **Annexe A : Les questionnaires**

Annexe A1 : Les questionnaires relatifs à l'état des lieux (2001-2002)

Annexe A2 : Le questionnaire relatif au pré-test (2002-2003)

Annexe A3 : Le questionnaire relatif au le post-test (2002-2003)

### **Annexe B : Le traitement des réponses obtenues au questionnaire n°2 relatif à l'état des lieux (2001-2002)**

Annexe B1: Répartition des liens mobilisés entre les systèmes physiologiques et chacun des éléments appartenant aux autres systèmes physiologiques

Annexe B2 : Répartition des liens mobilisés en fonction de l'inversion de la question

Annexe B3 : Répartition des liens mobilisés entre le système nerveux d'une part et les autres systèmes physiologiques d'autre part

Annexe B4 : Répartition des liens mobilisés entre les systèmes physiologiques : Comparaison Cinquième/Seconde

**Annexe C** : Le traitement des réponses obtenues aux questionnaires relatifs au pré-test (2002-2003)

Annexe C1 : Situation-problème N°1 : répartition des liens mobilisés entre le système digestif d'une part et les autres systèmes physiologiques d'autre part

Annexe C2 : Situation-problème N°2 : répartition des liens mobilisés entre le système respiratoire d'une part et les autres systèmes physiologiques d'autre part

Annexe C3 : Situation-problème N°3 : répartition des liens mobilisés entre le système nerveux d'une part et les autres systèmes physiologiques d'autre part

Annexe C4 : Question fermée N°1 du pré-test : réponse attendue.

Moyennes des mots justes et faux dans la situation 4-a: Liens avec le système digestif.

Annexe C5 : Question fermée N°2 du pré-test : réponse attendue

Moyennes des mots justes et faux dans la situation 4-b: Liens avec le système respiratoire

Annexe C6 : Question fermée N°3 du pré-test : réponse attendue

Moyennes des mots justes et faux dans la situation 4-c: Liens avec le système circulatoire

Annexe C7 : Question fermée N°4 du pré-test : réponse attendue

Moyennes des mots justes et faux dans la situation 4-d: Liens avec le système nerveux

Annexe C8 : Question fermée N°5 du pré-test : réponse attendue

Moyennes des mots justes et faux dans la situation 4-e: Liens avec le système excréteur

**Annexe D** : Le traitement des réponses obtenues aux questionnaires relatifs au post-test (2002-2003)

Annexe D1 : comparaison pré-post / Situation-problème N°1:lien avec le système digestif. Test des différences Pré/Post réponses justes de Situation 1-Question 1-1.

Annexe D2 : Comparaison pré-post/ Situation-problème N°2: lien avec le système respiratoire. Test des différences Pré/Post- réponses justes de la Situation 2-Question 2-1

Annexe D3 : Comparaison pré-post/ Situation-problème N°3: lien avec le système nerveux. Test des différences Pré/Post- réponses justes de la Situation 3-Question 3-1

Annexe D4 : Question fermée N°1: Comparaison pré-post/Lien avec le système digestif (mots justes)

Annexe D5 : Question fermée N°2: Comparaison pré-post/Lien avec le système respiratoire (mots justes)

Annexe D6 : Question fermée N°3: Comparaison pré-post/Lien avec le système circulatoire (mots justes)

Annexe D7 : Question fermée N°4: Comparaison pré-post/Lien avec le système nerveux (mots justes)

Annexe D8 : Question fermée N°5: Comparaison pré-post/Lien avec le système excréteur (mots justes)

**Annexe E** : Réponses aux questionnaires validées par N. Farès, expert en physiologie.

**Annexe F** : Consignes pour le traitement statistique, test de chi deux et test de Z.

**Annexe G** : Intervention de Docteur Nassim Farès : Spécialiste en physiologie.

# CHAPITRE I

## INTRODUCTION ET PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE

*« Le problème de l'unité de la connaissance est intimement lié à  
notre quête d'une compréhension universelle, destinée à élever la  
culture humaine »  
(Niels BOHR)*

## **Introduction et Problématique générale**

Depuis la dernière réforme des programmes en France, l'appel à développer chez les élèves la compétence de construction de liens entre les différents concepts enseignés revient dans plusieurs instructions officielles : « *l'enseignement des sciences au Lycée est construit, sans doute pour la première fois, comme un tout et non comme une simple juxtaposition de disciplines contiguës (...) Les enseignements devront être coordonnés afin de chercher à offrir un enseignement global plus intégré marquant clairement les liens entre sciences et non pas une approche parcellisée. Ce travail est difficile à faire mais indispensable. Le travail d'intégration est facilité d'une part par le libellé des programmes proprement dits, d'autre part par l'existence nouvelle d'enseignements thématiques et de travaux personnels encadrés faisant appel à plusieurs disciplines* »(Gaudemar, 2001)<sup>1</sup>. Quand on regarde comment la nécessité d'introduire l'interdisciplinarité a émergé dans les instructions officielles en France<sup>2</sup>, on constate que c'est un peu par réaction à toutes les pédagogies « *pointillistes*<sup>3</sup> », focalisées sur la dissection d'un concept en un ensemble d'objectifs et parfois de micro-objectifs à atteindre. Les pédagogies par objectifs<sup>4</sup> incitent en effet l'enseignant à parcelliser, à cataloguer, à analyser la matière à enseigner et à la traduire en un ensemble « d'objectifs opérationnels » qu'il devrait aborder séparément en allant du simple au complexe, en associant *a priori*, le simple au facile et le complexe au difficile (Meirieu et Develay, 1992). L'idée implicite de ces pratiques consiste à penser que, lorsque les élèves auront dépassé, d'une manière unitaire, linéaire et cumulative, toutes les étapes d'un phénomène complexe, ils en maîtriseront le contenu et ils seront tous capables de faire les liens nécessaires à l'intégration des concepts enseignés. Nous avons même pu constater que les enseignants vont jusqu'à qualifier de « bons » les élèves qui arrivent à construire ces liens et de « mauvais » ceux qui n'y arrivent pas. Peut-être, pensent-ils que les élèves devraient être capables de relier les connaissances spontanément et indépendamment de tout

---

<sup>1</sup> Annexe du bulletin officiel, B.O Hors Série, N°2 du 30 août 2001 (Jean-Paul de Gaudemar, directeur de l'enseignement scolaire).

<sup>2</sup> Nous nous sommes intéressés, dans le cadre de cette étude, au curriculum français et aux instructions officielles françaises, car notre échantillon libanais concerne les établissements scolaires qui enseignent les sciences de la vie et de la terre, selon le curriculum français, et qui utilisent des manuels français.

<sup>3</sup> Adjectif utilisé par Meirieu et Develay (1992) pour désigner les pédagogies basées sur l'enseignement par objectifs.

<sup>4</sup> La pédagogie par objectifs consiste à découper la connaissance (voire le concept ou la notion) en autant d'unités enseignables (objectifs d'apprentissage), le critère de choix étant, avant tout, la possibilité d'acquisition liée à celle d'évaluation. (Johsua & Dupin, 1993 ; Weil-Barais, 1993).

apprentissage visant cette structuration cognitive. Les pédagogies par objectifs présentent, certes, une certaine efficacité dans le domaine de la compréhension d'un concept : « *le réductionnisme explicatif consiste à affirmer qu'on ne peut comprendre un tout sans l'avoir décomposé en ses différentes parties et celles-ci à leur tour en leurs composantes, et ainsi de suite jusqu'au plus petit niveau d'intégration* » (Desbeaux-Salviat, 2000). On peut voir peut être ici l'application des préceptes cartésiens<sup>5</sup> mais il faut souligner que la connaissance de chacun des éléments d'un système ne correspond pas nécessairement à la compréhension globale de ce système. Quand l'enseignant omet d'aider les élèves à construire les liens existant entre les différents objectifs atteints, quand il ne laisse pas de temps à des moments de structurations pour intégrer les concepts enseignés dans leur contexte socio-cognitif global, l'apprentissage par objectifs qui consiste à découper la connaissance (voire le concept ou la notion) en unités enseignables, atteint ses limites. En dehors du domaine de la pédagogie, c'est l'épistémologie qui pourrait éclairer l'importance de la rencontre des disciplines et de la construction des liens entre les connaissances. L'interdisciplinarité correspond à un terme et à un concept propre au XX<sup>e</sup> siècle comme le souligne Lenoir<sup>6</sup> (1991). C'est par l'interdisciplinarité que devient possible une synthèse conceptuelle, c'est-à-dire, à la limite, la quête de l'unité du savoir. La recherche de liens entre les connaissances est actuellement au cœur des enjeux de la réforme en cours des curricula, aux ordres primaires et secondaires, dans maints pays occidentaux (Lenoir, 1991). L'émergence de ce terme pourrait être expliquée, par référence à la théorie de Pascal (1954) « *la connaissance du tout a besoin de celle des parties qui ont besoin de celle du tout* », à la théorie de l'**autopoiesis** de Maturana et Varela (1988), au paradigme de la complexité de Morin (1990b) et aux théories qui établissent un certain rapport d'unité, de relations, d'actions réciproques, d'échange, de coopération et d'interconnexion entre diverses branches du savoir nommées « disciplines scientifiques »<sup>7</sup>.

---

<sup>5</sup> Descartes (1637) a proposé en effet quatre préceptes dont : « Le second, de diviser chacune des difficultés que j'examinerai, en autant de parcelles qu'il se pourrait, et qu'il serait requis pour les mieux résoudre. » Et « Le troisième, de conduire par ordre mes pensées en commençant par les objets les plus simples et les plus aisés à connaître, pour monter peu à peu, comme par degré jusqu'à la connaissance des plus composés ; et supposant même de l'ordre entre ceux qui ne se précèdent point naturellement les uns des autres. »

<sup>6</sup> Y. Lenoir (1991) montre, dans sa thèse de doctorat, l'intérêt croissant porté à l'interdisciplinarité scolaire et à l'intégration des matières au primaire depuis le début des années soixante-dix. D'après Hasni A. & Lenoir Y. (2004).

<sup>7</sup> La plus ancienne attestation en français du terme « discipline » pour qualifier une matière scolaire date seulement de 1892. (Chervel, 1988).

Corrélativement aux recherches concernant l'interdisciplinarité, l'étude que nous présentons ici vise à analyser la construction des liens existant entre les concepts d'une même discipline (**intradisciplinarité conceptuelle**) et les techniques (**intradisciplinarité instrumentale**)<sup>8</sup> au sein d'une même discipline, en l'occurrence, la biologie. Il serait important de signaler que cette discipline, plus que d'autres, est un « *patchwork de disciplines, de parcelles correspondant soit à un type d'objet (de la molécule à l'écosystème, en passant par le gène, la cellule, l'organisme, son comportement ...) soit à un type de méthode (séquençage d'ADN, histologie, électrophysiologie, taxonomie, modélisation...)* » (Clément, 1999b), d'où la nécessité de l'analyse de la construction des liens existant entre les différents concepts d'une même discipline. C'est en ce sens que la biologie, qui fait actuellement partie d'une discipline baptisée « les sciences de la vie et de la terre », est en elle-même « inter-disciplinaire ». Lenoir et Sauvé (1998a, p. 132) montrent que toute discipline scientifique est en soi interdisciplinaire, comme le prouve l'étude historique de l'émergence de ces disciplines scientifiques.

Or la construction de liens s'inscrit dans **un paradigme épistémologique de la connaissance**<sup>9</sup> : celui du socioconstructivisme interactif<sup>10</sup> où « *le sujet apprend en organisant son monde en même temps qu'il s'organise lui-même* » (Jonnaert et Vander Borght, 1999, p.29). Dans cette perspective, l'élève a un rôle actif dans son processus d'apprentissage. « *Le constructivisme se centre sur l'idée que l'objet n'est pas un donné mais une construction du sujet* » (Fourez, Englebert-Lecomte et Mathy, 1997, p.11). Le constructivisme devrait être défini comme une théorie de l'apprentissage plutôt qu'un concept : les élèves ne structurent pas leurs connaissances uniquement dans une pédagogie active (Lafortune, Deaudelin, & Deslandes, 2001). Pour ces auteurs, dans une approche constructiviste, l'élève structure ses connaissances en confrontant ses conceptions parfois non conformes aux connaissances scientifiques actuelles. Ils montrent d'après Bednarz (1991) que pour provoquer un changement conceptuel et un établissement de ponts intégrateurs entre les connaissances, il est nécessaire de susciter chez l'élève un état conflictuel sous forme de conflits socio-cognitifs (parfois dans le cadre d'une situation

---

<sup>8</sup> Par analogie à « l'interdisciplinarité conceptuelle » et à « l'interdisciplinarité instrumentale » évoquées par Lenoir, Geoffroy et Hasni (2001).

<sup>9</sup> « *Un paradigme épistémologique de la connaissance est un cadre général de référence. Il articule entre eux les concepts et les catégories qui guident la pensée et l'action de celui qui s'intéresse aux questions relatives à la construction, à l'acquisition, à la modification, à la réfutation ou au développement des connaissances* ». (Philippe Jonnaert, 2002, p.64).

<sup>10</sup> Jonnaert et Vander Borght (1999) définissent trois volets au socioconstructivisme interactif : un volet lié à une dimension constructiviste (constructivisme) ; un volet lié aux interactions sociales (socio) et un volet lié aux interactions avec le milieu (interactif). D'après Lafortune L., Deaudelin C. & Deslandes R., (2001).

d'enseignement magistral). Un véritable débat socio-cognitif basé autour d'une situation-problème développerait une communication au sein du groupe « interaction sociale » favorable à l'élaboration de nouvelles connaissances « restructuration cognitive » (Reynaud & Favre, 1997). Cependant, nous pensons que si les conflits cognitifs intrasubjectifs et la déstabilisation des conceptions permettent l'intégration de nouvelles connaissances, les pédagogies qui incitent l'élève à travailler en équipe et à faire de la recherche, l'apprentissage par résolution de problèmes et la prise en compte de la dimension affective dans la relation éducative sont des approches qui incitent l'élève à être actif dans la structuration du sens qu'il donne à ses apprentissages et le poussent à tisser des liens entre les concepts enseignés (Favre, 2000a). Ces approches préparent mieux les élèves aux exigences du monde du travail qui visent d'abord la collaboration et le travail d'équipe interdisciplinaire : « *la manière avec laquelle le monde d'aujourd'hui vire, c'est plutôt vers un travail de groupe* », comme l'entend si bien le vice-président de l'Université de Delaware, John Cavanaugh<sup>11</sup>.

Le changement conceptuel de l'apprentissage entre le socioconstructivisme, l'apprentissage par résolution de problèmes et la prise en compte de la dimension affective en éducation s'accompagne d'un changement de représentation concernant le rôle de l'enseignant : l'application de la pédagogie socioconstructiviste interactive implique une démythification de l'image de l'enseignant omniscient. Le rôle d'expert souvent attribué à l'enseignant ou à l'enseignante devrait se transformer en un rôle de guide (Lafortune, Jacob et Hébert, 2000) et même d'accompagnateur. L'enseignant devient une personne qui cherche au lieu de tout savoir, qui change au lieu de stagner, qui participe à la construction du savoir au lieu de le transmettre et qui constitue un élément du système de l'opération éducative au lieu de le monopoliser et de fonctionner de manière isolée. Mais tous ces changements supposent une ouverture et une faculté de métacognition<sup>12</sup> assez développées de la part des enseignants. Ce changement d'*habitus*<sup>13</sup> nécessite la mise en place de tout un cycle de formations continues, pour assurer aux enseignants les outils théoriques nécessaires afin qu'ils puissent aider les élèves à intégrer la logique de la complexité<sup>14</sup> (Morin, 1999) et à construire des liens entre les concepts enseignés.

---

<sup>11</sup> (<http://www.ntlf.com/html>)

<sup>12</sup> Faculté caractérisant certaines personnes capables de réfléchir sur leurs pratiques.

<sup>13</sup> Les *habitus* peuvent être considérés comme des systèmes durables et transposables de schèmes de perception, d'appréciation et d'action qui résultent de l'institution du social dans les corps (P. Bourdieu, 1992).

<sup>14</sup> Terme qui sera explicité dans le cadre théorique.

*Il serait donc intéressant d'analyser comment se traduit, depuis la réforme des programmes<sup>15</sup> en Sciences de la Vie et de la Terre, en France, l'une des compétences visées, celle de la construction de liens entre les connaissances scientifiques en biologie, aussi bien au niveau des pratiques enseignantes qu'au niveau des productions des élèves. En classe de Seconde<sup>16</sup>, cette compétence à faire acquérir aux élèves de Seconde, dans la Partie « L'organisme en fonctionnement », est exprimée de la manière suivante :*

- **Relation** entre l'activité physique et les paramètres physiologiques.
- **Couplage** entre l'activité cardio-respiratoire et l'apport de dioxygène aux muscles.
- **Intégration** des fonctions dans l'organisme au cours de l'activité physique.

*En classe de Cinquième<sup>17</sup>, cette compétence à faire acquérir aux élèves de Cinquième, dans la partie « Fonctionnement du corps humain et santé », est exprimée sous la forme suivante :*

- **Relier** l'augmentation des fréquences cardiaques et respiratoires à l'augmentation des besoins des muscles lors d'un effort physique.
- **Relier** la ventilation pulmonaire aux échanges gazeux entre le sang et l'air.
- **Relier** la transformation des aliments à leur passage dans le sang et à leur transport jusqu'aux organes.

*De plus, au niveau de la transposition didactique, l'analyse des manuels des Sciences de la vie et de la terre<sup>18</sup>, notamment des parties concernant notre étude (« L'organisme en fonctionnement » en Seconde, et « Le fonctionnement du corps humain et santé » en Cinquième), montre que le souci d'intégration des concepts est pris en considération, d'où le questionnement suivant :*

**Comment la prise en compte du paradigme de la complexité dans l'enseignement de la physiologie en Cinquième et en Seconde, pourrait-elle favoriser la construction de liens entre les concepts enseignés ?**

**Pour répondre à cette question, il est nécessaire de préciser :**

- 1- Comment les élèves construisent-ils des liens entre les différents concepts en physiologie ?**
- 2- Comment les enseignants traduisent-ils la construction des liens dans leurs pratiques pédagogiques ?**

---

<sup>15</sup> En classe de Seconde, B.O N°6, du 12 Août 1999, Hors série, pp 25-28.

En classe de Cinquième, B.O N°1, du 13 février 1997, Hors série, pp. 143-147.

<sup>16</sup> BO N°6, du 12 Août 1999, Hors série, pp. 25-28.

<sup>17</sup> BO N°1, du 13 Février 1997, Hors série, pp.143-147.

<sup>18</sup> Bordas édition 2000

### 3- Comment doit-on modifier ces pratiques pour que les élèves construisent des liens entre les connaissances ?

La problématique étant posée, il s'agit de repérer les champs théoriques de référence dans lesquels elle s'inscrit. L'étude des liens construits entre les concepts enseignés en physiologie nécessite la prise en compte de l'approche systémique avec ce que le concept de « système » implique d'auto-organisation, d'associations complexes, d'inter-rétroactions avec l'environnement et d'émergences parfois différentes de la somme de celles des éléments constitutifs du système lui-même, bref avec les principes qui sous-tendent le **paradigme<sup>19</sup> de la complexité**. Notre hypothèse suggère que le passage du paradigme de la simplification au paradigme de la complexité dans l'enseignement de la physiologie, dès le collège, permettrait de pallier le problème du morcellement des connaissances. La portée de cette hypothèse vise aussi les approches de poly, de trans, et d'interdisciplinarité. Aussi, dans cette perspective, et selon une conception de l'apprentissage d'inspiration constructiviste, nous pensons qu'il est favorisé de façon toute particulière par des situations qui représentent un réel défi pour l'élève, c'est-à-dire des situations qui entraînent une remise en question de ses connaissances et de ses représentations personnelles. Les élèves ne sauraient intégrer les différents systèmes enseignés en physiologie s'ils ne sont pas actifs et acteurs dans l'appropriation et la construction de leur savoir. L'un des moyens que nous testons dans cette recherche, pour aider les élèves à construire du « sens » à leur formation, repose sur l'apprentissage par résolution de problèmes (ou PBL pour Problem Based Learning). Les problèmes à résoudre en PBL révèlent une complexité narrative et sont issues de situations réelles rencontrées dans le cadre de la discipline étudiée. L'apprentissage par résolution de problèmes s'inscrit dans le **constructivisme** : pour résoudre un problème, l'élève est appelé à mobiliser des liens entre les connaissances et à contextualiser les concepts enseignés. Mais l'introduction d'idées innovatrices en classe requiert en amont, un changement conceptuel des représentations des enseignants, d'où l'importance des **formations continues** qui favoriseraient le développement de nouvelles compétences chez les enseignants. Ces derniers ne sauraient enseigner selon le paradigme de la complexité s'ils ne prennent pas en compte l'une de ses dimensions: la **dimension affective de l'apprentissage**. Notre hypothèse étant que cognition et émotion étant étroitement liées, si nous voulons que les élèves soient motivés, ils doivent pouvoir attribuer du sens aux activités scolaires. Cette dimension affective inclut le rapport « émotionnel » entretenu par les enseignants et par

---

<sup>19</sup> Le paradigme, mot très largement employé en didactique, est le type de relations logiques institué entre quelques catégories ou notions maîtresses, et qui gouverne les discours, pensées et théories lui obéissant. (MORIN E., 1991).

les élèves à **l'erreur**. Du point de vue constructiviste, l'erreur est perçue comme un obstacle à franchir et non comme une « faute » à juger (Favre, 2004).

Ce cadre théorique a orienté le choix de la méthodologie de la recherche : analyser les conceptions des élèves et des enseignants concernant leur compétence à mobiliser des liens entre les systèmes physiologiques enseignés, former les enseignants à l'introduction de la complexité dans l'enseignement de la physiologie et évaluer l'effet de la formation sur une évolution éventuelle des conceptions des enseignants et de leurs élèves quant à la construction de liens mobilisés en physiologie. Du point de vue méthodologique, et dans le but d'identifier les conceptions des élèves, nous avons analysé leurs productions écrites en réponse à deux questionnaires que nous avons proposés en 2001-2002. Ces questionnaires comportent des problèmes à résoudre et des questions fermées. En 2002-2003, et dans l'intention d'évaluer l'efficacité d'une session de formation des enseignants, susceptible d'aider les élèves à relier les connaissances, nous avons comparé les productions écrites du pré-test à celles du post-test dans chacun des deux échantillons d'élèves suivants :

- L'échantillon « E » dont les enseignants ont participé à la session de formation.
- L'échantillon « T » dont les enseignants n'ont pas participé à la session de formation.

Cette approche méthodologique devrait permettre d'atteindre les objectifs suivants :

- 1- Fournir des données sur les conceptions des élèves concernant la construction de liens en physiologie, le but étant d'essayer d'identifier d'éventuels obstacles sous-jacents.
- 2- Se renseigner sur les conceptions des enseignants, leur capacité à résoudre des problèmes et l'importance qu'ils accordent à la construction de liens entre les connaissances au cours de leurs pratiques enseignantes.
- 3- Analyser l'efficacité d'une formation des enseignants à la complexité à partir des productions des élèves.

Les résultats obtenus seront discutés selon les axes suivants : la capacité des élèves à résoudre des problèmes en mobilisant des liens entre les systèmes physiologiques, les conceptions conjoncturelles mobilisées en fonction du contexte et de la formulation de la question, les conceptions des enseignants concernant la construction des « liens entre les connaissances en physiologie », l'introduction du paradigme de la complexité dans la formation continue des enseignants, la prise en compte de la dimension affective en

éducation, le nouveau rapport entretenu au concept de l'erreur par les élèves et par les enseignants, l'effet de la formation sur l'évolution des conceptions des élèves et des enseignants concernant la construction de liens entre les connaissances et surtout le caractère éventuellement transférentiel de cette compétence. Dans la discussion, nos résultats seront confrontés à ceux obtenus dans le cadre d'autres recherches faites dans le même domaine, afin de dégager quelques perspectives en matière d'apprentissage des objets de savoir complexes et de formation d'enseignants.

# CHAPITRE II

## CADRE THÉORIQUE

*« Une collection de faits n'est pas plus une science qu'un tas de briques n'est une maison »  
(Henri Poincaré)*

*« Qu'est-ce que penser sinon unir ce qui semblait séparé et séparer ce qui semblait uni » (Colloque de Cerisy, 1990)*

*Si une des dérives fréquentes de l'enseignement de la physiologie par objectifs est d'aborder séparément, et de manière cloisonnée, chacun des systèmes physiologiques humains, comment la prise en compte du paradigme de la complexité dans l'enseignement de la physiologie en Cinquième et en Seconde pourrait-elle favoriser la construction de liens entre les concepts enseignés ? Ce questionnement s'inscrit dans un cadre théorique qui s'articule autour de cinq axes :*

- 1- **Le paradigme de la complexité.**
- 2- **Le constructivisme.**
- 3- **La formation des enseignants.**
- 4- **La dimension affective en éducation.**
- 5- **L'épistémologie de l'erreur.**

Ces cinq axes du cadre théorique sont à leur tour assujettis au paradigme de la complexité. C'est-à-dire qu'ils ne sont pas indépendants, mais en interaction selon plusieurs **boucles récursives interconnectées**. Il serait aussi intéressant, avant de détailler chacun de ces axes, d'éclairer la genèse de cette pensée complexe à travers l'histoire. Ce regard épistémologique permettrait d'en estimer l'importance et les écueils éventuels.

### **Aperçu historique<sup>20</sup> de la genèse de la pensée complexe**

*La pensée complexe n'est pas le fruit du hasard, elle est l'aboutissement d'une maturation de la pensée humaine à travers les siècles. Après avoir décortiqué l'infinitésimal, la pensée épistémique tend à se ramasser à la quête du « sens » : elle s'est complexifiée pour être mieux accessible à la compréhension et pour échapper ainsi au côté réducteur de la pensée linéaire. Il serait donc important de lister, de façon non exhaustive, les*

---

<sup>20</sup> D'après le Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences, sous la direction de Dominique LECOURT, 1999, PUF, Presses Universitaires de France, Paris ; et d'après le cours de Michel DUSSEAU, 2000-2001, « Théories de l'apprentissage », cours en DEA en « Constructions des savoirs scientifiques », Université de Montpellier II.

*courants qui ont contribué à la genèse de cette pensée complexe, à partir d'une pensée « naïve » :*

Les courants de la « **psychologie philosophique** » matérialisés par l'idéalisme de Platon (-427 ; -347) : « *la connaissance nous vient d'idées innées dont nous sommes porteurs* », par l'empirisme d'Aristote (-384 ; -322) : « *la connaissance nous vient du monde extérieur - la tabula rasa* », par le rationalisme idéaliste de Descartes (1596-1650) : « *l'intuition est un mode de connaissance rationnel et indubitable* », par les empiristes anglais comme Locke (1632-1704) : « *la première source de la connaissance, c'est la sensation* » et Hume (1711-1776), par les idéalistes allemands comme Leibnitz (1646-1716) : « *l'expérience est nécessaire mais elle n'apporte pas les idées* » et Kant (1724-1804) : « *toute connaissance suppose intuitions et concepts qui sont inséparables* », par l'empirisme associationniste de James Mill (1773-1836) ; ont induit ceux de la « **psychologie scientifique** » de Fechner (1801-1887) et sa « *psychophysique* », de Wundt (1832-1920) : premier laboratoire de psychologie expérimentale à Leipzig en 1879 et de Ebbinghaus (1850-1909). Ces courants philosophiques ont préparé la naissance de la « **psychologie comportementaliste** » du Béhaviorisme (apprentissage par conditionnement) avec Watson (1878-1958), Hull (1884-1952) et Skinner (1904-1990), d'une part et de la « **psychologie mentaliste** » et les sciences cognitives d'autre part. Les sciences cognitives<sup>21</sup> comportent deux courants :

***a- Le cognitivisme : le cognitivisme structural du Gestaltisme** « psychologie de la forme » et du constructivisme de Piaget (1967) « le sujet construit ses connaissances à partir de l'action ou des schèmes d'action par le processus d'assimilation-accomodation » d'une part, et le cognitivisme computationnel d'autre part : (l'esprit humain est modélisé sous la forme d'un système de traitement de l'information : Mc Carthy, Minski, Newell & Simon initiateurs de l'intelligence artificielle en 1953 et Newell & Simon proposent en 1961 le G.P.S, le General Problem Solving).*

***b- Le connexionisme :** les significations sont les propriétés émergeant d'un groupement temporaire de neurones, pré-représentations de ce qui est l'objet de l'attention momentanée. Il s'agit de la modélisation du cerveau par la théorie des*

---

<sup>21</sup> Il semble que ce terme soit utilisé pour la première fois en 1975 par deux linguistes : D. Bobrow et A. Collins, dans une compilation d'articles ayant pour titre : *studies in cognitive sciences*.

*automates dont les plus connus sont le Perceptron de F. Rosenblatt en 1962 et l'automate de Quillian).*

Vers la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle est apparue, parallèlement au Behaviorisme, « **La psychologie de la forme** » avec les Gestaltistes comme Wertheimer (1880-1943), Koffka (1886-1941) et Kohler (1887-1967). Pour les Gestaltistes, le sens émerge de la perception de la totalité de la situation : **le tout est plus que les parties (le holisme)**<sup>22</sup>, ce qui correspond à la théorie de Pascal. Une forme est une organisation qui ne peut se ramener à une juxtaposition d'éléments, et qui possède en propre une qualité ne se trouvant dans aucun des éléments constitutifs. La modification d'un seul de ces éléments peut modifier la forme tout entière. Pour ce courant, l'apprentissage ne se fait pas selon un mode additif, c'est la déformation, l'interaction et l'intégration du couple : « *Nouvelle connaissance + structure cognitive préexistante* » qui aboutit à l'apprentissage (Ausubel 1968). L'auteur appelle ce mode d'intégration des connaissances l'adjonction oblitérante. Ce schéma rejoint le couple : « assimilation + accommodation » de Piaget qui considère dans sa « **psychologie génétique** » que le développement n'est pas une simple accumulation d'informations tirées des objets du milieu. Ce n'est pas non plus l'expression d'un déroulement purement endogène, dirigé par une programmation héréditaire innée, sans aucune influence de l'environnement. **La notion de développement, chez Piaget, repose sur une conception interactionniste et constructiviste de l'intelligence et des connaissances.**

Tous ces courants de pensées basés sur la construction de liens entre plusieurs concepts ont donné naissance à l'approche systémique et à la « pensée complexe » : un des défis du XIX<sup>ème</sup> siècle, selon l'expression de Morin (1999)<sup>2</sup>. En quoi consiste donc la complexité ?

## **Le paradigme de la complexité**

Tant que la multiplicité des composants d'un système et leurs interrelations sont exhaustivement dénombrables, on peut considérer qu'on est en présence d'un système compliqué, mais non en présence de complexité (en terme mathématique- informatique on

---

<sup>22</sup> *le holisme (du grec holos, entier) : avoir une vision holistique d'un phénomène, c'est en avoir une vision globale et synthétique, c'est rechercher, par-delà les éléments constitutifs, les structures et les relations de fonction qui unissent ensembles et sous-ensembles. La pensée systémique est une démarche holistique d'analyse de l'action. Le holisme s'oppose à l'atomisme. (F. RAYNAL & A. RIEUNIER, 1997).*

dit qu'on est en présence d'un « problème-polynomial<sup>23</sup> ». La complexité pourrait être définie comme étant « *l'imprévisibilité potentielle (non calculable a priori) des comportements d'un système, liée en particulier à la récursivité qui affecte le fonctionnement de ses composants qui se transforment en fonctionnant, suscitant des phénomènes d'émergence certes intelligibles, mais non toujours prévisibles* ». (<http://www.mcxap.org>). Les comportements des systèmes physiologiques en biologie, leurs inter-rétro-relations et leurs émergences (souvent en physiopathologie) fournissent des exemples de cette complexité du vivant. La complexité implique nécessairement l'établissement de liens et de relations entre les éléments d'un système. La construction de liens entre les différents concepts abordés dans plusieurs disciplines d'une part, et entre les différents concepts abordés dans le cadre d'une discipline d'autre part nécessite le passage fondamental du paradigme de la simplification au paradigme de la complexité. Le paradigme de la simplification serait basé sur le principe réduisant la connaissance des ensembles à la connaissance des parties, sur les principes d'ordre et de causalité et sur le principe de disjonction entre l'objet et le sujet. Le paradigme de la complexité prendrait appui sur le principe d'intelligibilité qui devient complémentaire du local et du singulier, sur le principe de liens entre la connaissance des parties et les ensembles qu'elle constitue, sur le principe de causalité complexe **hologrammatique**<sup>24</sup> (Favre, 1985) comportant une causalité mutuelle interrelationnée avec l'introduction de la théorie de l'auto-production et de l'auto-organisation (Morin, 1986). L'approche analytique et linéaire induit donc une simplification réductrice alors que l'approche systémique tend à modéliser la complexité du réel. Mais ces deux paradigmes sont en même temps contradictoires et complémentaires dans le sens où il ne s'agit pas de renoncer à l'approche linéaire, explicite, détaillée et microscopique aux dépens de l'approche systémique, synthétique, globalisante et macroscopique. Il s'agit plutôt de créer des inter-rétroactions entre les deux approches et de considérer les émergences résultant de l'interaction des deux. Le principe dialogique, comme les autres principes de la complexité, s'applique au couple « paradigme de la simplification / paradigme de la complexité » : ces deux paradigmes ne peuvent traduire le réel que dans la mesure où ils s'auto-organisent et s'inter-retro-régulent d'une manière aussi bien réflexive qu'ouverte aux autres systèmes. C'est dans ce cadre

---

<sup>23</sup> Problème polynomial : problème compliqué dont un dénombrement combinatoire pourrait permettre de décrire tous les comportements possibles et par là de prédire son comportement effectif à chaque instant dès que la règle ou le programme qui régit ces comportements est connue. (<http://www.mcxap.org>).

<sup>24</sup> Ce terme est de Morin, il a trans formé le terme « hologrammorphique » utilisé par Favre et Pinson (1985) qui signifie qui mime, qui a la même forme qu'un hologramme. Les auteurs ont aussi parlé de logique holoscopique.

théorique que nous évoquons l'association complexe entre des concepts et des approches antagonistes. Cinq points permettent de mieux cerner le paradigme de la complexité :

- De l'approche analytique à l'approche systémique.
- Du paradigme de la simplification au paradigme de la complexité.
- Du morcellement des connaissances aux remembrements « poly », « intra », « inter » et « trans » disciplinaires.
- De la transversalité inter et intradisciplinaire à la transférabilité.
- Le réductionnisme de l'approche linéaire de la transposition didactique.

### **De l'approche analytique à l'approche systémique<sup>25</sup>**

Il est intéressant, avant de faire le parallélisme entre « approche analytique » et « approche systémique », de savoir comment, historiquement, la pensée humaine s'est préparée à la naissance de la pensée systémique. Les concepts de « système », « d'émergences », « d'inter-rétroactions » etc., qui sont à la base de la cybernétique et de la pensée actuelle, sont les fruits d'un très grand nombre de courants philosophiques et didactiques.

En 1883, Dilthey publie *Les sciences de l'esprit*. Le philosophe allemand y oppose deux méthodes scientifiques (Anonyme, 2001) :

- *L'explication* (Erklärung) propre aux sciences de la nature. Cette méthode cherche à établir les liaisons causales entre les phénomènes. Elle vise à dégager des lois et à expliquer le « pourquoi » des choses.
- *La compréhension* (Verständnis) est une méthode propre aux sciences de l'esprit. L'homme étant à la fois sujet et objet de la recherche, la démarche des sciences de l'esprit consiste à reconstituer les motifs conscients et le vécu des sujets.

Alors que l'explication procède par analyse (décomposition des causes en facteurs), la démarche compréhensive se veut synthétique. À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, le « *conflit des méthodes* » enflamme toute l'Université Allemande.

---

<sup>25</sup> D'après YATCHINOVSKY (2000, p.15) : « l'approche systémique est née du fruit de la rencontre de plusieurs chercheurs (...) en 1948, l'approche systémique doit sa création à un professeur de mathématique du célèbre Massachusetts Institute of Technology (MIT), spécialiste de la cybernétique, Norbert Wiener, à un neurophysiologiste Warren Mac Culloch, fondateur de la bionique (sciences qui s'inspire des modèles des animaux pour l'émission et le traitement des signaux afin de l'appliquer à l'électronique), au biologiste Ludwig Von Bertalanffy, ainsi qu'à l'électronicien Joy Forrester, professeur de management à la Sloan School of Management au MIT ».

*Plus tard, en 1936, le logicien Turing jette les bases mathématiques et conceptuelles de ce qui deviendra, au cours de la décennie suivante, l'ordinateur électronique programmable. Son but est de répondre à une question: « existe-t-il une procédure systématique permettant, à la vue d'un énoncé mathématique parfaitement spécifié, de déterminer s'il est ou non prouvable ? »*

En 1968, le biologiste Ludwig Von Bertalanffy formalise la théorie générale des systèmes « Autour de nous, partout des systèmes », conception appelée par Gervet et Theraulaz (1988) « conception pansystémique ». Cette théorie part du fait que la plupart des objets de la physique, de l'astronomie, de la biologie, de la sociologie : atomes, molécules, cellules, organismes, sociétés, astres, galaxies, formaient des systèmes, c'est-à-dire des ensembles de parties diverses constituant un tout organisé, retrouvant ainsi l'idée de Pascal : la connaissance du tout a besoin de celle des parties qui ont besoin de celle du tout. L'organisation en système produit des qualités ou propriétés inconnues des parties conçues isolément : **les émergences**. Déjà en 1948, Wiener, dans son livre *La cybernétique* ou la commande et la communication dans la machine et chez l'animal, établit les premiers principes de cybernétique concernant l'organisation des machines. Dans ce cas, la connaissance des programmes informationnels et des dispositifs de régulation des machines ne pouvait se réduire à celle de leurs parties constitutives. S'appliquant plus à la biologie, pour Weiss (1974), « *un système est une unité complexe, dans l'espace et dans le temps, dont la constitution est telle que ses sous-unités constituantes, grâce à une collaboration d'ensemble, conservent l'intégrité de sa structure et de son comportement, et tendent à la restaurer après des perturbations non destructrices* ».

*En 1974, Weiss considère l'organisme comme une pyramide de niveaux d'intégration. À chaque niveau, des unités de tailles bien définies et de structures à peu près identiques s'unissent pour former une unité à l'échelon suivant et c'est chacune de ces unités, constituées par l'intégration de sous-unités qui peut être désignée « d'intégon ».* Gervet et Theraulaz (1988) *affirment que* « La principale caractéristique du système conceptuel est donc

une insistance sur l'organisation en niveaux d'inclusion, géométriquement définis, dont chacun justifie une approche propre possédant un système conceptuel largement autonome par rapport à ceux qui prévalent aux autres niveaux d'intégration ». *Or, si l'intégron est un concept visant à expliquer l'émergence, c'est fondamentalement l'interaction que veut décrire le système tel qu'utilisé par Delattre (1971). Ce dernier pose d'abord un modèle théorique d'interaction et définit les éléments d'après les stipulations mêmes du modèle.*

Varela (1989a) évoque les propriétés d'un système qui s'auto-organise en fonction des variations de son environnement : le réseau modifie ses structures de connexions et tend vers des états d'organisation d'où émergent des propriétés nouvelles. L'expression « *Organismes vivants autopoïétiques* » est proposée par Maturana et Varela, (1980). « Poïèse » veut dire produire et « auto-poïèse » veut donc dire « se produire ». Ils considèrent que le **système** des êtres vivants est un système qui se produit lui-même. Les êtres vivants sont donc autonomes. Il n'y a rien d'autre d'extérieur qui les produise. Cela introduit la notion de « *clôture opérationnelle* » proposée par Maturana qui ne doit pas nous pousser à penser à un système fermé mais à concevoir que « *les relations de causalité à l'œuvre, qui définissent l'organisation spécifique des organismes vivants, bouclent sur elles-mêmes* » (Stewart, 1996). Suite à cette définition du système conçu comme **perméable** et **autorégularisateur**, nous comparons l'approche analytique linéaire à l'approche systémique inter-rétro-régulatrice, dans le but d'analyser l'approche qui correspondrait le mieux au réel avec toute sa complexité.

Alors que l'approche analytique se concentre sur les éléments, sur la connaissance des détails et conduit à un enseignement par matières scolaires juxtaposées et par notions cloisonnées à l'intérieur d'une même discipline, l'approche systémique telle qu'elle a été définie par Varela (1989b) se concentre sur les interactions entre les éléments. Cette approche s'appuie sur la perception globale et devrait conduire à un enseignement pluridisciplinaire. Avec ce changement de point de vue, on passe d'une conception de hiérarchisation à une conception d'interaction, ce qui implique une nouvelle forme de modélisation, un changement de paradigme et un nouveau cadre théorique. Il ne s'agit pourtant pas de deux approches contradictoires mais complémentaires, irréductibles l'une à l'autre.

En 1975, De Rosnay écrit : « *l'approche analytique est efficace lorsque les interactions sont linéaires et faibles, et l'approche systémique est efficace lorsque les interactions sont non linéaires et fortes (...) Les lois d'additivité des propriétés élémentaires ne jouent évidemment plus dans le cas des systèmes de haute complexité, constitués par une très grande diversité d'éléments liés par des interactions fortes. De tels systèmes doivent être abordés par des méthodes nouvelles comme celles que regroupe l'approche systémique. Leur but : considérer un système dans sa totalité, sa complexité et sa dynamique propre* ». De Rosnay établit ainsi un parallélisme entre l'opposition « approche analytique/approche systémique » d'une part et l'opposition « vision statique/vision dynamique » d'autre part. Selon lui, dans ce qu'il appelle « pensée classique », la seule forme d'explication des phénomènes est la causalité linéaire (cause  $\Rightarrow$  effet) ce qui rappelle la pensée de Dilthey (1883). Par contre, toujours selon De Rosnay, dans la pensée actuelle, influencée par l'approche systémique, la notion de fluide remplace celle de solide. Le mouvant remplace le permanent. Souplesse et adaptabilité remplacent rigidité et stabilité. Les notions de flux et d'équilibre de flux s'ajoutent à celles de forces et d'équilibre de forces. La durée et l'irréversibilité entrent comme dimensions fondamentales dans la nature des phénomènes. La causalité devient circulaire et s'ouvre sur la finalité.

Vingt-trois ans plus tard, en mars 1998, De Rosnay, dans le cadre des « journées thématiques » conçues et animées par Edgar Morin, appelle de nouveau à jongler entre la méthode analytique, microscopique, qui dissèque la complexité pour la réduire à des éléments simples d'une part et la démarche « systémique », macroscopique, qui permet d'organiser les connaissances et de les « comprendre » non seulement par l'analyse, mais aussi par la synthèse. « *Plutôt que mener à l'accumulation permanente des connaissances, la relation analytique et systémique va permettre de relier les savoirs dans un cadre de référence plus large, favorisant l'exercice de l'analyse et de la logique. N'est-ce pas un des buts fondamentaux de l'éducation ?* » Cependant cette approche systémique n'est valide que dans une approche fondée sur la complexité impliquant des inter-relations entre les différents éléments d'un système. Comment donc passer du paradigme de la simplification au paradigme de la complexité ?

### **Du paradigme de la simplification au paradigme de la complexité**

*Le complexe c'est la situation ordinaire dans laquelle nous sommes tous plongés : le réel est par définition complexe. On confond souvent ce qui est simple avec ce qui est facile, ainsi que ce qui est complexe avec ce qui est difficile. Pourtant, il n'est pas « difficile » de fonctionner dans le réel complexe que l'on connaît. D'après Ardoino (1998), l'origine latine de l'adjectif « complexe » signifie « tissé », « tressé » mais aussi « embrassé » et « saisi par la pensée ». D'autre part, De Vecchi & Cramona-Magnaldi (1996), expliquent que « le simple » est souvent le résultat d'une synthèse élaborée après une construction abstraite, parfois longue et difficile. Le complexe peut donc être facile et le simple difficile !*

*Par contre, Morin, après Le Moigne, pensent que le réel n'est ni simple ni complexe. Si nous questionnons le réel avec une pensée simplifiante, le réel sera extrêmement simple, et si nous l'interrogeons avec une pensée complexifiante, il sera complexe. C'est en ce sens que la conception que nous avons du réel dépend du cadre de lecture de notre pensée. Mais qu'est-ce que la « complexité » ?*

*Du point de vue épistémologique, Bachelard, qui a considéré la complexité comme un problème fondamental, constitue, d'après Morin, une exception. Du point de vue historique, le premier grand texte sur la complexité vient de Weaver qui annonçait que le XX<sup>e</sup> siècle serait le siècle de la complexité organisée. La complexité se comprend par opposition à la pensée « simplificatrice ». Alors que le paradigme de simplification est basé sur le principe d'universalité « il n'est de science que du général », sur le principe réduisant la connaissance des ensembles à la connaissance des parties, sur les principes d'ordre et de causalité linéaire et sur le principe de disjonction absolue entre l'objet et le sujet, le paradigme de la complexité prend appui sur le principe d'intelligibilité qui devient complémentaire du local et du singulier, sur le principe de liens entre la connaissance des parties et les ensembles qu'elle constitue, sur le principe de la causalité complexe comportant une causalité mutuelle interrelationnée avec l'introduction de la théorie de l'auto-production et de l'auto-organisation. (Morin, 1986).*

*Pour Morin (1999), le paradigme de la simplification puise ses origines dans le second et le troisième principe du Discours de la méthode (Descartes 1637) : le second principe appelé par Morin le principe de séparation consiste à diviser chacune des difficultés qu'il examinerait en autant de parcelles qu'il se pourrait et qu'il serait requis pour les mieux résoudre, alors que le troisième principe appelé le principe de réduction consiste à*

*conduire par ordre ses pensées, en commençant par les objets les plus simples et les plus aisés à connaître, pour monter peu à peu comme par degrés jusqu'à la connaissance des plus composés.*

*Pour Morin (1991), le paradigme de la simplification ordonne la disjonction en tous domaines distincts mais éventuellement liés. « Ainsi, ce paradigme opère la disjonction entre l'ordre et le désordre, l'esprit et la matière, l'homme et la nature, le sujet et l'objet, l'observateur et la chose observée, l'un et le multiple.(...) La simplification donne valeur absolue à la logique aristotélicienne où contradiction veut toujours dire erreur. Le paradigme de simplification donne une vision du monde simple formé d'unités simples, et soumis au déterminisme à perpétuité ». Aujourd'hui, ces principes ont révélé leurs limites et d'après le principe Pascalien (1954) « Toutes choses étant causées et causantes, aidées et aidantes, médiates et immédiates, et toutes s'entretenant par un lien naturel et insensible qui lie les plus éloignées et les plus différentes, je tiens impossible de connaître les parties sans connaître le tout, non plus que de connaître le tout sans connaître particulièrement les parties. », il y a nécessité d'une pensée complexe, une pensée qui joint, disjoint et rétroagit, une pensée qui ordonne, désorganise et inter-rétoagit. Il faut une pensée au sens originare du terme complexus : ce qui est tissé ensemble. Edgar Morin (1999) avance sept principes pour expliquer le complexus ou la pensée qui relie :*

#### **a- Le principe dialogique**

*Il unit deux principes ou notions devant s'exclure l'un l'autre, mais qui sont indissociables en une même réalité. C'est l'association complexe entre des principes ou notions complémentaires/ concurrente /antagonistes, nécessaires ensemble et par leurs inter-rétoactions à l'existence, au fonctionnement et au développement d'un phénomène organisé.*

#### **b- Le principe de la boucle rétroactive**

*Introduit par Norbert Wiener en 1948, ce principe rompt avec le principe de causalité linéaire (voir le paradigme de simplification). La boucle de rétoaction (ou feed back) permet soit de diminuer (feed back négatif), soit d'amplifier (feed back positif) un système quelconque.*

#### **c- Le principe de la boucle réursive**

*C'est une boucle génératrice dans laquelle les produits et les effets sont eux-mêmes producteurs et causateurs de ce qui les produit. C'est un processus où les états finaux sont nécessaires à la génération des états initiaux. Cette boucle dépasse la notion de régulation pour celles d'auto-production, d'auto-organisation, et d'inter-rétroaction entre action et connaissance, ce qui la rend plus riche et plus complexe que la boucle rétroactive.*

#### **d- Le principe « hologrammique »**

*Inspiré de l'hologramme dont chaque point contient la quasi-totalité de l'information de l'objet qu'il représente, ce principe, à la genèse duquel ont participé Pinson, Demailly & Favre (1985) en important et en développant les travaux de Pribram au début des années quatre-vingts, met en évidence que les parties, quelques singulières, originales et autonomes qu'elles soient, établissent des communications entre elles et peuvent être éventuellement capables de régénérer le tout. Ce principe est nécessaire pour rendre compte de l'organisation complexe du tout (holos) : « les parties ont chacune leur singularité, mais ce ne sont pas pour autant de purs éléments ou fragments du tout ; elles sont en même temps des micro-tout virtuels (...) L'organisme est par exemple dans le neurone qui est dans l'organisme, la poule contient l'œuf qui contient la poule (...) la société est présente dans l'individu qui est dans la société ». Selon ce principe la mémoire est enregistrée de manière hologrammatique ou « hologrammique », « ce qui est emmagasiné, c'est une computation et non un enregistrement (...) la connaissance est enregistrée dans le cerveau comme un ensemble de computations » (Pribram, 1983). C'est dire que « le savoir est le savoir des opérations qui permettent de le savoir ». (Morin, 1986).*

#### **e- Le principe systémique ou organisationnel**

*L'idée systémique rejoint le principe de Pascal « Le tout est plus que la somme des parties ». L'organisation d'un tout produit des qualités ou propriétés nouvelles par rapport aux parties considérées isolément : les émergences.*

#### **f- Le principe d'autonomie/dépendance**

*Morin pense que même si les êtres vivants sont capables d'auto-organisation et d'auto-production, ils ont besoin de puiser de l'énergie, de l'information et de l'organisation*

*dans leur environnement. Ce principe semble être un exemple particulier du principe de la dialogique : autonomie/dépendance avec inter-rétroaction entre ces deux concepts.*

**g- Le principe de la réintroduction du connaissant dans toute connaissance**

*Selon ce principe, toute connaissance est une reconstruction/traduction par un esprit/cerveau dans une culture et un temps donné. Ce principe rappelle la théorie de Kant selon laquelle tout acte organisateur de connaissance, en tant que synthèse du multiple, présuppose l'œuvre unifiante du sujet connaissant qui incorpore son identité dans cet acte. La représentation est « ma » représentation.*

Le paradigme de simplification induit donc une approche analytique et le paradigme de la complexité une approche systémique. Mais ces deux paradigmes sont en même temps contradictoires et complémentaires dans le sens où il ne s'agit pas de renoncer à l'approche linéaire, explicite, détaillée et microscopique aux dépens de l'approche systémique, synthétique, globalisante et macroscopique. Il s'agit plutôt de créer des inter-rétroactions entre les deux approches et de considérer les émergences résultantes de l'interaction des deux. Le principe dialogique et tous les autres principes de la complexité s'appliquent au couple « paradigme de simplification / paradigme de la complexité », dans le sens où ces deux paradigmes ne peuvent traduire le réel, leurs émergences ne peuvent être significatives que dans la mesure où ils s'auto-organisent et s'inter-retro-régulent d'une manière aussi bien réflexive qu'ouverte avec les autres systèmes. Selon Morin (1990b), la nécessité de la pensée complexe ne peut s'imposer qu'au moment où l'on prend conscience des limites, des insuffisances et des carences de la pensée simplifiante, puis des conditions dans lesquelles nous ne pouvons pas éluder le défi du complexe. Si l'approche systémique, selon le paradigme de la complexité, facilite la construction de liens entre les connaissances au sein d'une même discipline (dans le cadre des pédagogies intra disciplinaires), qu'en est-il des liens à mobiliser entre disciplines différentes et complémentaires (pédagogies de l'interdisciplinarité)?

**Du morcellement des connaissances aux remembrements<sup>26</sup> « poly », « inter », « intra » et « trans » disciplinaires**

Face aux cloisonnements existants entre les disciplines scientifiques et les concepts d'une même discipline, une multitude de théories et une terminologie spécifique ont été

---

<sup>26</sup> Terme utilisé par Morin en 1999 pour désigner le rattachement des disciplines après le cloisonnement opéré.

élaborées. Nous avons jugé nécessaire d'explicitier les théories qui abordent les « liens entre les connaissances scientifiques » et leur champ lexical devenu polysémique. Cependant, et avant d'aborder les entre disciplines, il serait intéressant d'interroger le concept de discipline qui constitue un élément important dans la genèse du morcellement des connaissances.

### **Morcellements et liens**

Le concept de « discipline scolaire » est souvent associé à une somme de connaissances ponctuelles, de règles, de théorèmes ou de savoir-faire spécialisés ne provenant pas d'une problématique. C'est une accumulation linéaire de connaissances qui constituent souvent des réponses aux questionnements explicites et aux besoins cognitifs de la noosphère. La discipline institue la division et la spécialisation du travail, mais bien qu'englobée dans un ensemble de connaissances et liée à plusieurs domaines, elle tend à l'autonomie, par la délimitation de ses frontières, de son objet d'étude, de son champ lexical propre, de sa logique interne et de ses techniques d'expérimentations... D'après Morin (1999) « *on a l'impression d'avoir affaire à un puzzle dont on n'arrive pas à raccorder les pièces les unes aux autres afin de voir apparaître une figure* ». L'esprit « hyper-disciplinaire » conduit à l'hyper-spécialisation. Cette spécialisation entraîne un approfondissement de la « nature intime » des notions et une maîtrise « pointilliste » des techniques, mais ce savoir reste parcellaire et compartimenté. Le morcellement disciplinaire empêche l'accès à une culture générale, utile, évolutive, synthétique et mobilisante (Démounem et Astolfi, 1996). Le morcellement des connaissances a conduit à la « pédagogie par objectifs disciplinaires ». Cette pédagogie appliquée dans la formation initiale des enseignants consiste à disséquer un concept, à en dégager tous ses attributs essentiels et secondaires, à formuler ces attributs sous forme « d'objectifs pédagogiques opérationnels » et à se fixer comme objectif : l'enseignement par objectifs. En 1962, l'Américain Mager propose aux enseignants de définir les objectifs pédagogiques en termes de comportement observable de l'élève, de façon à se donner les moyens d'évaluer l'efficacité de l'action et de l'améliorer (Mager, 1990). Dans les années 70, l'irruption de cette pédagogie par objectifs (PPO) en Europe constitue pour beaucoup de pédagogues, selon l'expression de Meirieu et Develay, une véritable « hygiène pédagogique ». « *Il s'agissait de ne plus se payer de mots, d'annoncer le plus clairement possible ce que l'on attendait des élèves, de clarifier ainsi le contrat didactique afin d'éviter cette sélection par l'implicite dont on découvrait alors le caractère implacable* » (Meirieu et Develay, 1992). Or, la désillusion fut à la

hauteur de l'espoir car cette parcellisation des objectifs permet certes de s'approprier des notions ponctuelles et des techniques disciplinaires nécessaires à la construction d'un concept et d'une compétence, mais ce cloisonnement se perd dans un océan de détails et néglige souvent l'importance du **remembrement**.

Les limites de la pédagogie par objectifs sont surtout au niveau de l'**atomisation** des performances en **micro-apprentissages** successifs qui font perdre le sens et la compréhension globale. Cette approche globalisante correspond à l'**aura conceptuelle** selon laquelle un concept ne se limite pas à une seule discipline (Giordan, 1978). L'univers pédagogique ne peut s'ordonner que dans sa profondeur, car au niveau de l'analyse **impressionniste** de la réalité, les frontières demeurent aussi confuses et indistinctes que les notions qui les désignent (Lesne, 1977). Rey (1996) trouve que le courant de la « pédagogie par objectifs » a certainement raison de se méfier des finalités qui introduisent de l'implicite et d'incertaines interprétations dans le rapport entre le maître et l'élève. Et, en réponse à Mager (1990), il pense que la notion même de comportement est ambiguë. Pour Rey (1996), le comportement de l'élève, pour être compris et même simplement observé, doit être saisi dans un minimum de fonctionnalité. Du coup, ce qui est pris en compte quand on veut définir une compétence n'est plus le comportement comme « réaction musculaire ou glandulaire » dont parlent les behavioristes, mais plutôt la tâche.

La pédagogie par objectifs disciplinaires a certainement jeté les bases d'un nouveau pédagogique indiscutable, mais son aspect réducteur vient du fait de sa dérive atomiste d'une part, et du fait qu'elle se fixe des objectifs à priori, souvent indépendamment des besoins des apprenants d'autre part. Elle s'oppose ainsi à la pédagogie par objectif-obstacles.

Le concept « d'objectif-obstacle » introduit par Martinand (1986) prend comme point de départ les difficultés de modification des conceptions, liées elles-mêmes aux obstacles épistémologiques tels que les définit Bachelard (1938). Il s'agit donc de se fixer des objectifs en fonctions des conceptions des apprenants. Martinand déplore l'éclatement des objectifs intermédiaires<sup>27</sup> et spécifiques<sup>28</sup> en une multitude de micro-objectifs sans grand

---

<sup>27</sup> Objectif intermédiaire : énoncé d'intention plus réduit que l'objectif général d'intention large. Ex : conduire un entretien ou une réunion.

<sup>28</sup> Objectif spécifique : énoncé d'intention relatif à la modification du comportement de l'apprenant après une courte activité d'apprentissage. Ex : à partir de l'analyse d'un extrait d'entretien, identifier les différentes attitudes adoptées par l'interviewer.

intérêt pour les apprentissages. Pour lui « *les objectifs doivent être en nombre limité si l'on veut qu'ils puissent réellement être utilisés par les enseignants* » (Ibid.). Il critique Mager en disant : « *Les objectifs de type comportemental sont toujours beaucoup trop nombreux, ponctuels, dispersés, pour être une aide permanente* ». D'où la nécessité de créer des liens entre les différents concepts enseignés.

Créer des liens semble être une nécessité épistémologique. Les liens constituent une ouverture. D'après De Vecchi et Magnaldi (1996), « *Dans une maison, les liens entre les pièces (les portes) sont en même temps des ouvertures (des non-liens)* ». Les auteurs ajoutent que sur le plan cognitif, c'est un paradoxe : ce qui permet d'attacher et de lier permet en même temps d'ouvrir sur un nouveau champ conceptuel ou une autre idée. D'après ces auteurs, la lacune de la pédagogie par objectifs opérationnels, c'est que la conception de cette méthode consiste à penser que lorsqu'on aura fait le tour de l'ensemble des objectifs dits « pédagogiques et opérationnels » abordés séparément et d'une manière additive, on en aura maîtrisé le contenu. Or, le fondement d'un phénomène ne résulte pas de l'accumulation des connaissances **granulées** mais des relations qui existent entre ses différents composants.

Une nouvelle démarche s'impose donc aujourd'hui. Il s'agit de passer de la définition des attributs essentiels et secondaires d'un concept aux relations « complexes » qui lient ces différents attributs. Comme Serres (1992) l'explique, il ne s'agit plus de circuler entre les choses mais de prendre comme objet d'étude la circulation elle-même. La science n'est pas uniquement un contenu mais un mode de circulation. Autrement dit, au lieu d'accumuler d'une manière linéaire les différents concepts scientifiques pour essayer par la suite de trouver les liens qui pourraient les joindre, il s'agit plutôt de commencer par une situation-problème nécessitant la construction des liens entre divers concepts, et à partir de cette situation problème, essayer d'aller plus loin pour approfondir par la suite, chacun des concepts. Et cela va bien plus loin car « *Les relations engendrent les objets et non les objets les relations* » (Serres, 1992). Morcellement et liens constituent donc les deux pôles d'un concept dialogique qui n'échappe pas aux principes de la complexité : le pôle de l'émission des connaissances, du paradigme de simplification et de l'approche analytique s'oppose au pôle des liens inter, intra et trans-disciplinaires, du paradigme de la complexité et de l'approche systémique, sachant que ces deux pôles sont en même temps complémentaires. Par ailleurs, et avant d'explicitier l'importance des **remembrements**

poly et intra-disciplinaires, il nous semble nécessaire de passer par la définition de plusieurs termes usuels devenus polysémiques en pédagogie.

### **Poly- inter et trans-disciplinarité**

Il n'est pas rare de constater, en pédagogie comme en didactique, l'existence d'un discours fourmillant, parfois divergent, concernant tel concept ou telle notion ainsi que l'emploi de mots polysémiques. Le champ sémantique se rapportant aux « liens entre les connaissances » n'en fait pas exception. D'où l'intérêt de réfléchir aux significations, souvent implicites, qui le parcourent, de s'interroger sur leur sens souvent pluriel, leur emploi, leurs ambiguïtés. Il faudrait surtout, de repérer les écarts et les constances d'usage. Il ne s'agit évidemment pas de prétendre imposer une acception unique en bloquant toute pensée inventive, mais nous tenterons plutôt de définir quelques termes afin d'identifier les contradictions et les ambivalences qui affectent certains concepts.

#### **• La Polydisciplinarité**

Appelée aussi « multidisciplinarité » ou « pluridisciplinarité » signifie « *une juxtaposition de disciplines plus ou moins voisines dans les domaines de la connaissance. C'est l'enseignement simultané de sciences appartenant à des domaines différents et faisant habituellement l'objet de cours dans des établissements séparés* »<sup>29</sup>. La polydisciplinarité peut donc être entendue comme une association de disciplines qui concourent à une réalisation commune, mais sans que chaque discipline ait à modifier sensiblement sa propre vision des choses et ses propres méthodes. Selon Demol (2003, p.12) « *la pluri ou multidisciplinarité concerne la seule étude d'un même objet par plusieurs disciplines, chacune apportant indépendamment sa contribution sans pour autant qu'il y ait de lien entre elles. Nous restons dans le cadre disciplinaire (...) ainsi la pluridisciplinarité est qualifiée de centripète lorsque plusieurs disciplines concourent à l'étude d'un même objet (...) et de centrifuge lorsqu'une discipline en enrichit une autre* ». À ce titre, la pluridisciplinarité existe depuis longtemps, même si son importance s'est accrue de nos jours. Les approches bio-physiques, bio-chimiques, physico-chimiques, etc. sont des approches qui font appel à différents concepts puisés dans différentes disciplines. Mais ces concepts sont restés cloisonnés au sein des disciplines, esclaves d'une terminologie et d'un champ de réflexion propre à la discipline. C'est dans le cadre de la polydisciplinarité, un

---

<sup>29</sup> <http://granddictionnaire.com>

assemblage « horizontal ». Autrement dit, différentes disciplines peuvent être convoquées autour d'un thème commun. Selon Astolfi (2001), différentes disciplines peuvent être référées à la recherche de solution d'une question complexe. Mais la logique reste celle du côte-à-côte, plus que de l'intrication théorique. C'est la logique de la circulation entre concepts disciplinaires, chacun éclairant une facette sans aucun remaniement régulateur au sein de chacune des disciplines impliquées. La question est de voir comment recombinaison ces différents apports disciplinaires pour éviter le cloisonnement des « îlots de rationalité » évoqués par Fourez (1988, 1994).

### • L'interdisciplinarité

L'interdisciplinarité dans sa forme actuelle est un concept relativement récent : « *les préoccupations interdisciplinaires, associées à l'idée d'intégration des matières, dans l'enseignement primaire québécois, émergent de façon explicite en 1970* » (Lenoir & Laforest, 2004, p.53). Antérieurement, comme le rapporte Lenoir (1995), les germes de l'interdisciplinarité émergent au XVII<sup>e</sup> siècle suite à la pluralisation des savoirs de la formation scientifique. C'est au XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles que se manifeste le besoin d'un lien entre les communautés disciplinaires et l'ensemble de la société (Lenoir & Sauvé 1998a, p.132). L'interdisciplinarité est « *l'interaction existant entre deux ou plusieurs disciplines, qui peut aller de la simple communication des idées jusqu'à l'intégration<sup>30</sup> mutuelle des concepts directeurs de l'épistémologie, de la terminologie, de la méthodologie, des procédés, des données et de l'orientation* »<sup>31</sup>. Les objectifs de l'interdisciplinarité sont plus ambitieux que ceux de la polydisciplinarité. Le but de l'interdisciplinarité est d'élaborer un formalisme suffisamment général et précis pour permettre d'exprimer dans ce langage unique les concepts, les préoccupations, les contributions d'un nombre plus ou moins grand de disciplines qui, autrement, restent cloisonnées dans leurs jargons respectifs. Il va de soi que, dans la mesure où un tel langage commun pourra être mis au point, les échanges souhaités s'en trouveront facilités. En outre, la compréhension réciproque qui en résultera est l'un des facteurs essentiels d'une meilleure intégration des savoirs. Autrement dit, les enseignants tiennent un discours parfois divergent, voire contradictoire, concernant un même concept ou une même compétence à développer chez les élèves, en fonction de la discipline enseignée. Pour un

---

<sup>30</sup> *Intégration : en réponse à la parcellisation des connaissances, c'est la mise en relation des différentes connaissances. C'est le « remembrement » de Morin (1999) et « l'assimilation et accommodation » de Piaget (1967).*

<sup>31</sup> <http://granddictionnaire.com>

même champ cognitif ou méthodologique et instrumental, l'interdisciplinarité cherche à repenser les jargons et les manières de faire ce qui aide à l'évolution des points de vues disciplinaires, parfois esclaves d'un contexte et d'une discipline. Ceci vise à établir des ponts entre les disciplines, ce qui pourrait faciliter l'acquisition des concepts et favoriser l'évolution des conceptions des élèves. C'est au même élève et au même cerveau que s'adressent ces différents enseignants.

L'interdisciplinarité ou « *intégration des matières* » est une « *stratégie d'enseignement consistant à viser, dans une même activité d'apprentissage et à l'aide d'un « même thème » ou sujet, des objectifs provenant de deux ou plusieurs programmes d'études différents* »<sup>32</sup>. L'interdisciplinarité se réalise habituellement au sein de projets intégrateurs<sup>33</sup>. L'apprentissage interdisciplinaire est relatif au programme d'études concerné et ayant un lien direct et explicite avec un objectif d'un autre programme d'études (généralement suivi parallèlement par l'élève).

Selon Demol (2003), l'interdisciplinarité vise à établir une ou des interactions entre plusieurs disciplines, un tissage de liens entre elles. Pour Lenoir, Geoffroy & Hasni (2001), « *l'interdisciplinarité ne tend pas vers l'un ou l'autre pôle, elle assure d'une part une dépendance réciproque, sans prédominance et sans ignorance aucune, entre des matières scolaires en fonction des finalités de formation poursuivies et, d'autre part, la prise en compte de leurs complémentarités, de leurs interrelations effectives et incontournables au niveau de leurs contenus cognitifs et de leurs démarches, nécessaires pour construire la réalité humaine, pour l'exprimer et pour interagir avec elle. Il s'agit de la mise en relation de deux ou de plusieurs disciplines scolaires qui s'exercent à la fois aux niveaux curriculaire, didactique et pédagogique et qui conduit à l'établissement des liens de complémentarité ou de coopération, d'interpénétrations ou d'actions réciproques entre elles sous divers aspects (objets d'études, concepts et notions, démarches d'apprentissage, habiletés techniques, etc.), en vue de favoriser l'intégration des apprentissages<sup>34</sup> et l'intégration des savoirs<sup>35</sup> ».* De plus, des relations incontournables existent entre les

---

<sup>32</sup> [http://www.refer.sn/sngal\\_ct/rec/geep/probl\\_pop.htm](http://www.refer.sn/sngal_ct/rec/geep/probl_pop.htm)

<sup>33</sup> Projet intégrateur : ensemble structuré de situations d'apprentissage pertinentes à l'atteinte d'objectifs de programmes d'études différents et coordonnées de façon à se réaliser autour, selon le cas, d'un thème commun, de connaissances communes, d'activités communes ou d'habileté/attitudes communes.

<sup>34</sup> Apprentissage : Processus par lequel une personne acquiert des connaissances, maîtrise des habiletés ou développe des attitudes.

<sup>35</sup> Savoir : connaissances individuelles, indissociables du sujet, mises en œuvre par la personne pour comprendre le monde, en construire une représentation et agir sur lui.

concepts cognitifs et les savoirs pratiques. Nous retrouvons donc plusieurs domaines d'applications à l'interdisciplinarité, en fonction des objectifs et des finalités visées.

En prenant en compte les finalités poursuivies, l'angle d'approche du réel retenu et le choix des objets traités, Lenoir et Sauvé (1998b) distinguent quatre champs d'opérationnalisation de l'interdisciplinarité :

- *l'interdisciplinarité professionnelle* : celle des chercheurs.
- *l'interdisciplinarité pratique* : celle qui concerne les savoirs pratiques, techniques ou procéduraux de la vie quotidienne. Elle est fondée sur l'expérience individuelle ou « savoirs d'expériences ».
- *l'interdisciplinarité scientifique* : celle qui a pour finalité la production de nouveaux savoirs et la réponse à des besoins sociaux, par l'établissement de liens entre les branches de la science, par une sorte de structuration épistémologique et par la compréhension des différentes perspectives disciplinaires. Cette interdisciplinarité a les disciplines scientifiques pour objet, le savoir savant pour système référentiel, et elle conduit à la production de nouvelles disciplines selon divers processus.
- *l'interdisciplinarité scolaire* : celle qui a pour finalité la diffusion du savoir scientifique et la formation d'acteurs sociaux, par la mise en place des conditions de développement des processus intégrateurs chez les élèves. Elle requiert un aménagement des savoirs scolaires sur les différents plans curriculaire, didactique et pédagogique. Cette interdisciplinarité a les disciplines scolaires pour objet, pour élément de référence, le sujet apprenant pour élément de référence, le savoir scolaire pour système référentiel et elle conduit à l'établissement de liens complémentaires entre des matières scolaires.

Pour Morin (1998), l'interdisciplinarité se conçoit comme la connaissance capable de « saisir ce qui est tissé ensemble », c'est-à-dire, selon le sens originel du terme, « le complexe ». Elle va à l'encontre de la connaissance qui sépare, brise le complexe du monde en fragments disjoints et qui fractionne les problèmes. L'interdisciplinarité est à l'ordre du jour car, selon Morin, « les connaissances sont de plus en plus segmentées et les problèmes à résoudre sont de plus en plus complexes et globaux ». Plusieurs centaines de milliers d'articles sont publiés chaque année rien que pour la biologie, on est bien loin d'Aristote qui, à dix-sept ans, avait lu tous les écrits disponibles de son époque !

L'interdisciplinarité lie aussi bien les **concepts notionnels** intégrés au cours de l'acquisition des différents concepts disciplinaires et polydisciplinaires d'un même niveau

scolaire (lien horizontal) que ceux concernés par différents niveaux scolaires progressifs (lien vertical), d'où l'intérêt de l'approche de l'interdisciplinarité curriculaire et intercurriculaire. « *L'interdisciplinarité ne peut pas être conçue comme une simple gestion pragmatique d'une interface entre les disciplines. Elle n'est pas extrinsèque et consécutive à ces dernières, mais elle leur est intrinsèque et concomitante* » (Sachot, 2001). Quand nous évoquons l'interdisciplinarité, nous adoptons surtout comme critère de classification, parmi l'archipel de typologie de l'interdisciplinarité : heuristique, praxéologique, fonctionnelle, épistémologique, interdisciplinarité de concepts, de disciplines, de problème, etc. (Lenoir, Klein, Rey et Fazenda, 2001), le mode d'intégration, c'est-à-dire la manière (et non le niveau) dont les différentes disciplines sont intégrées par rapport aux problèmes à résoudre (D'Hainaut, 1986).

- La transdisciplinarité

Concept apparu, depuis une trentaine d'années et notamment à la suite des travaux de Piaget et de Morin (selon Nicolescu, 1996, p.3). C'est « *l'étude d'un thème par des représentants de plusieurs disciplines. Les recherches transdisciplinaires inventent une façon originale d'aborder leur sujet commun. Les chercheurs provenant d'horizons théoriques différents mettent au point ensemble une méthodologie commune. Leur entreprise annonce la naissance d'une nouvelle discipline, englobant et dépassant les premières. C'est une nouvelle approche qui caractérise la recherche d'ensemble* »<sup>36</sup>. La transdisciplinarité ou « *intégration des apprentissages* » est une stratégie d'enseignement consistant à coordonner plusieurs apprentissages pertinents à différents programmes d'études, de façon à exploiter, à l'aide d'outils méthodologiques, les processus cognitifs communs à ces apprentissages, indépendamment du thème ou de l'objet d'étude. L'apprentissage trans-disciplinaire, sans appartenir explicitement au programme d'études concerné ou à un autre programme, présente une utilité dans l'ensemble des programmes et est transférable à n'importe quel contexte. Les apprentissages technologiques n'entrent pas dans cette catégorie. Ce sont essentiellement des apprentissages relatifs à la méthodologie du travail et à la structuration de la pensée. Ces apprentissages appartiennent à la formation fondamentale.

---

<sup>36</sup> <http://granddictionnaire.com>

Dans les sciences humaines,<sup>37</sup> la transdisciplinarité a constitué l'objet d'une charte qui a été adoptée en novembre 1994, au Portugal. Dans les Articles 3 et 4 de cette charte, la transdisciplinarité est complémentaire de l'approche disciplinaire et la dépasse. Elle fait émerger la confrontation des disciplines de nouvelles données qui les articulent entre elles. Elle ne recherche pas la maîtrise de plusieurs disciplines, mais l'ouverture de toutes les disciplines à ce qui les traverse et les dépasse. La clef de voûte de la transdisciplinarité réside dans l'unification sémantique et opérative des acceptations à travers et au-delà des disciplines. Demol (2003) évoque un « vide transdisciplinaire » : la transdisciplinarité, tout en ayant recours aux disciplines, laisse suffisamment d'espace pour qu'il y ait émergence potentielle de connaissances. D'ailleurs, Develay, dans la préface de l'ouvrage de Rey (1996), intitulé « Les compétences transversales en question », explique que le préfixe latin *trans* signifie « au-delà ». Develay montre qu'il faudrait aller au-delà des matières à enseigner pour viser les activités d'enseignement-apprentissage qui ne seront articulées qu'autour de ce que l'élève doit pouvoir faire et par la manière dont il doit pouvoir se comporter dans des situations qu'il sera susceptible de rencontrer à sa sortie des cycles secondaires ou supérieurs. Si l'interdisciplinarité est relative au programme d'étude et si elle s'appuie surtout sur le contenu cognitif commun à plusieurs disciplines, la transdisciplinarité est avant tout une inter-rétro-relation entre les méthodologies adoptées dans plusieurs disciplines.

La transdisciplinarité, à la différence de l'interdisciplinarité qui relie les concepts entre eux, met en relation aussi bien les apprentissages et les méthodologies intégrés au cours de l'acquisition des différents concepts disciplinaires et polydisciplinaires d'un même niveau scolaire (lien horizontal) que ceux qui sont acquis entre différents niveaux scolaires progressifs (lien vertical). Pluri-inter et transdisciplinarité ne s'opposent pas mais, selon Demol (2003, p.13), c'est le passage du plus simple au plus complexe : « *la transdisciplinarité prend en compte la complexité et se situe dans une logique du tiers-inclus<sup>38</sup>, logique pertinente face à des objets perçus complexes* ». Cependant, avant d'interroger la transdisciplinarité et l'interdisciplinarité qui visent les liens à faire construire entre des concepts appartenant à des disciplines différentes, il serait intéressant d'analyser les liens à faire construire entre des concepts enseignés au sein d'une discipline donnée (le remembrement intra-disciplinaire).

---

<sup>37</sup> <http://www.rond-point.qc.ca/sch/transdisciplinarite.html>

<sup>38</sup> En excluant la logique de disjonction (séparation) mais en admettant la conjonction pour le même objet. (il s'agit donc d'évoquer la métaphore proposée par Demol : on peut toujours essayer de réduire les deux bouts d'un bâton en les rompant en deux et autant de fois que cela est possible, on aura toujours des fragments de bâton avec deux bouts).

## **Du remembrement inter-transdisciplinaire au remembrement intradisciplinaire**

L'intradisciplinarité ou la construction des liens entre les différents concepts abordés au sein d'une même matière scolaire est un concept souvent marginalisé dans les écrits didactiques et pédagogiques. Tout se passe comme si la construction des liens intradisciplinaires allait de soi et que le développement d'une telle compétence chez les élèves était automatique. Or, nous pensons que les transferts inter-trans-disciplinaires à l'intérieur d'une même discipline nécessitent une conscientisation à part. Même si, apparemment, les disciplines semblent être « autosuffisantes », cloîtrées dans un système de cloisonnement et traitant un domaine bien délimité, elles constituent, en fait, un système de division proprement scolaire. Ce système est en décalage avec la manière dont les connaissances se répartissent entre les sciences. Ainsi, on sait bien qu'un certain nombre de disciplines scolaires regroupent plusieurs sciences. La discipline « Sciences de la vie et de la terre » par exemple renvoie au moins à deux sciences à première vue très différentes : la géologie et la biologie mais aussi à la physique à la chimie et aux mathématiques.

**Une discipline est donc polydisciplinaire. L'intradisciplinarité telle qu'elle sera utilisée tout au long de cette recherche signifiera les liens inter (intégration des matières, des thèmes, du contenu) et trans (intégration des apprentissages, des processus et des méthodologies) au sein d'une même discipline.**

Le « morcellement intradisciplinaire » est aussi problématique que le « morcellement disciplinaire ». Les théories de Piaget (interactionnisme et constructivisme) de Morin (unitas multiplex), de Rey (transversalité), de Lenoir et de Hamel (interdisciplinarité et transdisciplinarité) et d'autres auteurs qui appréhendent le cloisonnement disciplinaire et le paradigme de simplification s'appliquent aussi à l'émiettement intradisciplinaire.

Si, d'après Hamel (1999), l'interdisciplinarité pointe l'avenir des sciences et le développement de la recherche scientifique et qu'elle jette « *les ponts entre disciplines scientifiques, entre des connaissances de divers ordres et, ultimement, entre la connaissance spécialisée et l'application* », l'intradisciplinarité s'inscrit alors dans le même courant.

Nous pensons aussi que le développement de la compétence d'intégration chez les élèves et chez les enseignants leur permettrait de l'investir dans plusieurs domaines. La construction de liens entre les différents concepts abordés dans plusieurs disciplines d'une part (transversalité interdisciplinaire), et entre les différents concepts abordés dans le cadre d'une même discipline d'autre part (transversalité intradisciplinaire), semble être une compétence transférable. Qu'est-ce que la transférabilité ?

### **De la transversalité inter et intradisciplinaire à la transférabilité**

Rey (1996), après Malglaive (1990), pense qu'avec la machine-outil à commande numérique, ce qui est demandé à l'opérateur c'est de dominer la logique de plusieurs transformations successives de l'objet et de maîtriser le langage de programmation de la machine, c'est-à-dire les différents codes et procédures d'information et de commande. À une compétence spécialisée se substitue une compétence multiple, ce qui est une première forme de transversalité. Il est à préciser qu'une compétence « *se définit comme un système de connaissances, conceptuelles et procédurales, organisées en schémas opératoires et qui permettent, à l'intention d'une famille de situations, l'identification d'une tâche-problème et sa résolution par une action efficace* » (Gillet, 1986)

Le concept de transversalité est plus visible sur les plans professionnel et social, où la plupart des tâches font intervenir un ensemble de savoirs et de savoir-faire liés à plusieurs domaines, que sur le plan scolaire, là où l'on n'agit pas « pour de vrai ». La poly-trans-inter-disciplinarité, dont il est question depuis une dizaine d'années, n'est que le fruit d'une prise de conscience de l'importance des ponts à établir entre les disciplines, voire entre les différents concepts au sein d'une même discipline « *la transversalité intradisciplinaire* », entre le scolaire et la vie « réelle ». L'abolition des frontières entre les domaines professionnels et intellectuels, même entre territoires et bientôt planètes, fait qu'il ne s'agit plus d'adapter l'individu à un poste, de le former à une discipline et de le pousser à développer une compétence, mais de le munir de compétences générales susceptibles d'être mobilisées dans des situations très polyvalentes.

Comme l'écrivent Meirieu et Develay (1992), « *puisqu'on découvrait que les contenus et les procédures appris en formation ne seraient pas utiles très longtemps au cours de la vie professionnelle, il fallait bien se demander si, à travers des apprentissages d'ordre technique et dans l'acquisition d'habiletés relativement localisées, on ne contribuait pas à*

*construire « quelque chose » qui durerait plus longtemps et pourrait être réinvesti ailleurs ». C'est dans l'investissement des compétences acquises dans une gamme de situations et le réinvestissement de ces mêmes compétences dans des situations nouvelles que Rey (1996) voit la nouvelle figure de la transversalité, celle de la transférabilité.*

La transférabilité nous semble aussi marginalisée dans les écrits didactiques et les processus d'apprentissage que l'intradisciplinarité. Tout se passe, encore une fois, comme si l'élève était capable spontanément et d'une manière « innée » de transférer un comportement et une connaissance acquis dans une situation problème (x) à une situation problème (y) de structure semblable. Cette compétence ne serait-elle pas à faire construire par les élèves? Mendelson (1994) assure qu'on ferait mieux de parler d'apprentissage du transfert plutôt que de transfert d'apprentissage. La transférabilité est une compétence qui, une fois acquise, permet à l'élève d'investir ses savoirs méthodologiques et cognitifs dans un autre champ d'application que celui qui a servi à leurs constructions par l'élève. Malglaive (1990) définit la transférabilité comme étant « *La productivité spécifique du travail pédagogique, c'est à dire le degré auquel il parvient à inculquer aux destinataires légitimes l'arbitraire culturel qu'il a mandat de reproduire, se mesurer au degré auquel l'habitus qu'il produit est transposable, c'est à dire capable d'engendrer des pratiques conformes aux principes de l'arbitraire inculqué dans un plus grand nombre de champs différents* ». Or, ce transfert cognitif ne peut pas être postulé comme une activité mentale automatique et naturelle. Astolfi (2001) explique qu'à l'opposé de la pensée Piagétienne qui s'attachait à des invariants opératoires indépendants des situations, la psychologie du traitement de l'information puis la psychologie cognitive montrent que les tâches s'organisent en familles de situations différentes.

La transférabilité est donc la conséquence d'une compétence de décontextualisation du savoir. Cette compétence se construit par des modèles pédagogiques appropriés. Les savoirs construits, exercés, décontextualisés, n'ont d'intérêt que s'ils peuvent être utilisés au moment où l'on en a besoin. Il est vrai que l'acquisition d'une compétence ou la maîtrise d'un concept sont étroitement liées au contexte, à la matière et à l'exemple, mais cela ne nie pas la possibilité de la transposition de ces compétences à d'autres champs d'application, si l'enseignant et les programmes prennent en compte l'importance du développement d'une telle compétence. Comme l'a montré Douady (1986) pour les concepts mathématiques, il faudrait donc non seulement que les élèves soient capables de faire fonctionner un savoir mais aussi reconnaître les situations dans lesquelles ce savoir

est « transférable » pour pouvoir résoudre un problème quand il se pose. L'assimilation et l'intégration d'un savoir et par la suite la faculté de décontextualisation de ce savoir sont liées au sens accordé au savoir. Or un concept ne peut prendre du sens que dans la mesure où il représente quelque part un modèle de la réalité, donc une approche complexe qui nécessite des liens entre les attributs du concept en question avec ceux d'autres concepts de la même discipline (transversalité intradisciplinaire) ou d'autres disciplines (transversalité interdisciplinaire). Ceci est valable aussi bien au niveau des liens opérationnels et notionnels, au niveau du contenu disciplinaire (intradisciplinarité conceptuelle) que méthodologiques (intradisciplinarité instrumentale). « *La manière dont un savoir se construit est aussi importante que le savoir lui-même car elle influe sur la qualité de ce savoir* » (De Vecchi & Magnaldi, 1996). Les concepts ne sont pas ordonnés en série linéaire, mais chaque concept scientifique se trouve au sein d'un nœud dans un réseau conceptuel dont les conceptogrammes peuvent en rendre compte (De Vecchi et Giordan, 1994). Il s'agit, dans ces conceptogrammes, de repérer les liens, les interactions, les enchevêtrements qui existent entre différents concepts interdépendants (entre disciplines et au sein d'une même discipline) et dont le sens ne se complète qu'en les abordant de différents angles. Les lois scientifiques ne considèrent souvent qu'une cause, la plus importante pour expliquer une situation donnée, en négligeant tous les éléments préliminaires qui ont contribué à l'émergence de cette loi. « *Les théories sont généralement modélisées et le modèle ne correspond qu'à une construction figurée du réel. Il n'est en aucun cas ce réel* » (Astolfi et Develay, 1989). Or, pour qu'une compétence transversale devienne transférable, il faut qu'elle soit assujettie au paradigme de la complexité, à l'image des problèmes réels de la vie. Mais ces concepts d'intégration, de complexité et de transférabilité sont-ils pris en considération lors des transpositions didactiques?

### **Le réductionnisme de l'approche linéaire de la transposition didactique**

Le concept de « transposition didactique » créé par le sociologue Verret (1975) est aujourd'hui central en didactique, à partir de son introduction en didactique des mathématiques par Chevalard (1985) : « *un contenu de savoir ayant été désigné comme savoir à enseigner subit dès lors un ensemble de transformations adaptatives qui vont le rendre apte à prendre place parmi les objets d'enseignement. Le travail qui, d'un objet de savoir à enseigner, fait un objet d'enseignement, est appelé la transposition didactique* ». L'étude de la transposition amène à exercer une vigilance épistémologique, c'est à dire à examiner si la distance, la déformation entre l'objet de savoir et l'objet d'enseignement

n'est pas telle qu'il ne reste en commun qu'une nomenclature. L'approche de la transposition didactique selon le paradigme de la simplification (Savoir savant → Savoir à enseigner → Savoir enseigné) risque de conduire à ce que Chevallard appelle la « *désintrication* » du savoir savant : l'objet de savoir est extrait du champ des problèmes et des techniques auxquelles il était lié, d'où le risque d'une **fermeture du discours et d'une dogmatisation**. Il s'agit donc de replacer le savoir à enseigner dans son contexte historique pour pousser les élèves à cheminer intellectuellement dans les sentiers de l'élaboration d'un concept. L'ontogenèse intellectuelle récapitulera ainsi la phylogenèse intellectuelle. Autrement dit, il faut passer de la pensée linéaire et décontextualisée, basée sur le schéma ternaire linéaire précédent, à l'inter-retroaction de ses trois pôles d'une part, et celle de l'environnement éducatif, des pratiques socio-psychologiques, des contextes historiques et des champs conceptuels propres à chaque élève d'autre part. Il s'agit de passer de la théorie de Halbwachs (1975) en l'appliquant à la biologie (la biologie du maître doit être entre la biologie du biologiste et la biologie de l'élève) à une boucle complexe qui lie ces trois éléments et qui ne négligent pas d'autres facteurs intervenant au niveau de l'évolution des conceptions des élèves. D'ailleurs, Develay (1989), en ajoutant des remarques à l'approche de la transposition didactique telle qu'elle a été proposée par Chevallard, montre qu'il ne faut pas négliger la dimension sociale : « *La transposition didactique s'intéresse au passage du savoir savant au savoir à enseigner sans considérer que le savoir à enseigner pourrait entretenir des rapports avec des pratiques sociales de référence* ». Cinq pôles modulent cette approche de la transposition didactique et c'est l'inter-rétro-action équilibrée de ces pôles qui nous permettrait de pallier les différentes dérives que connaît actuellement la didactique : « *la dérive épistémologique quand on privilégie le pôle savoir, la dérive psychologique quand on privilégie la pôle apprenant, la dérive pédagogique quand on privilégie le pôle enseignant* » (Favre et Lenoir, 2005).

- **Le pôle psycho-affectif** : il s'agit de ne pas réduire les pratiques d'apprentissage à une activité purement cognitive, démunie de toute affectivité. La réduction de l'élève à un sujet « épistémique » motivé en permanence pour travailler sur des problèmes qui nécessitent l'apprentissage de tel ou tel concept, la simplification de l'enseignant à un sujet stimulé constamment à faire évoluer les conceptions de ces élèves, sont de l'ordre du réductionnisme. Quand nous avons affaire non à des sujets épistémiques mais à des sujets réels, le droit de se « coller » à ses sentiments pour être authentique, d'exprimer ses émotions pour mieux les gérer, de dire « non » pour mieux adhérer, deviennent légitimes. Un apprentissage (en considérant le verbe « apprendre » dans les deux sens : comprendre

et enseigner) ne se fait jamais indépendamment des facteurs psycho-affectifs. « *Chassez l'affectivité de l'apprentissage, elle revient au galop* » dirait Chessex-Viguet (1990). Émotions et sentiments ont toutes les chances de surgir dans toute relation humaine et notamment entre élève et enseignant. Maintenir le clivage, voire l'opposition, entre émotion et cognition c'est faire d'une entité complexe qu'est une personne, un sujet morcelé (Favre et Favre, 2000 ; Favre et Lenoir, 2005). Combien d'enseignants, au nom de l'éducation, cherchent-ils à se réconcilier avec l'image de l'enfant blessé qu'ils ont été un jour, et combien d'élèves, au nom de l'apprentissage, cherchent-ils à se révolter contre l'image d'un parent violent ou dévalorisé ou au contraire à conquérir l'image d'un parent désiré et distant ? Il ne faut certainement pas favoriser le transfert affectif, la projection ou la séduction, mais prendre **en compte de la dimension affective dans l'apprentissage**, lui donner une place au lieu d'en faire abstraction et ainsi éviter de courir le risque que l'affectivité prenne toute la place.

- ***Le pôle représentationnel*** : les conceptions ou les représentations sont, d'après Raynal et Rieunier (1997), les modèles implicites ou explicites auxquels un apprenant ou un enseignant se réfère pour décrire, expliquer ou comprendre un événement perceptif ou une situation. Ce concept de conception renvoie aussi à des modes d'approche ou à des règles d'action spontanées ou apprises, considérées comme valides jusqu'à ce qu'un nouvel apprentissage vienne les modifier durablement. Un élève en situation d'apprentissage n'est donc jamais « un vase vide ». Le rôle de l'enseignant serait donc de pouvoir aider l'élève à articuler ce « déjà là » conceptuel avec les nouvelles situations d'apprentissage. Ce pôle représentationnel peut constituer donc un obstacle à l'apprentissage, mais cet obstacle peut impliquer les deux acteurs : enseignant et élève, l'enseignant ayant aussi des conceptions forgées dans un rapport au monde. L'enseignant, tout comme son élève, possède des conceptions concernant un concept donné. Ces conceptions étant issues des cours suivis, des médias, des discussions entre amis, du milieu familial, des croyances religieuses, des loisirs... bref, de son histoire personnelle, elles peuvent paradoxalement constituer des obstacles, ou au contraire, un tremplin à l'apprentissage.

- ***Le pôle épistémologique*** : il vise à prendre du recul par rapport aux différents éléments de la transposition didactique (le savoir savant, le savoir à enseigner et le savoir enseigné) et de la connaissance commune sur laquelle ils s'appuient, notamment par rapport à leur position dans l'Histoire. Ce faisant, le regard épistémologique peut rendre service à la science elle-même, en tout cas à la pédagogie de la science. La prise de conscience de

l'histoire d'un concept peut faciliter sa construction par l'élève : la phylogénèse conceptuelle pourrait rendre compte des obstacles et des difficultés qui interviennent dans l'ontogenèse intellectuelle. Autrement dit, les élèves intègrent mieux les concepts en réfléchissant sur les obstacles méthodologiques et conceptuels par lesquels sont passés les « fondateurs » de ces concepts. La prise en compte du pôle épistémologique dans l'apprentissage permettrait de faciliter la construction des liens entre les différents savoirs, de faire référence aux cadres théoriques sous-jacents et d'explicitier la portée des connaissances. Les élèves pourraient ainsi attribuer du « sens » aux différents concepts enseignés, ancrés dans l'histoire qui leur a donné naissance et dont les pièces des puzzles seraient ainsi raccordées.

- **Le pôle pédagogique** : ce pôle englobe les théories et les dispositifs d'instruction déployés par un enseignant pour développer des apprentissages chez un élève. Toutes les pédagogies mises en place dans un enseignement : les pédagogies actives, les pédagogies du contrat, du projet, par la découverte, de groupe, par objectifs, les pédagogies différenciées... toutes ces pédagogies et bien d'autres modulent les relations entre élève et enseignant d'une part, et les relations entre ces deux acteurs et les savoirs enseignés d'autre part. Le pédagogue apparaît comme un praticien qui se préoccupe d'abord de l'efficacité de son action. La maîtrise d'une connaissance est certes nécessaire à sa transmission, mais il n'en demeure pas moins que le dispositif pédagogique mis en place par l'enseignant reste l'articulateur primordial qui facilite l'intégration de cette connaissance par l'élève.

- **Le pôle social** : les pratiques sociales de référence interfèrent intensément au niveau de l'acte d'apprentissage et ce qui s'applique à l'élève s'applique aussi à l'enseignant ; ces deux acteurs étant les deux faces d'une même situation, celle « d'apprendre » (l'enseignant qui était élève et qui synchronisait avec un enseignant revient en tant qu'enseignant pour harmoniser avec un élève). Ces deux acteurs arrivent en classes avec une structure de la pensée fortement imprégnée de croyances et de pratiques sociales qui modulent l'opération éducative. Ce pôle est solidement rattaché au pôle représentationnel. C'est par contre dans ce pôle qu'apparaissent préférentiellement les valeurs qui marquent la pensée et la structurent. Les individus, selon l'éducation qu'ils ont reçue, selon les sociétés ou les cultures dans lesquelles ils ont appris à vivre, n'adhèrent pas aux mêmes valeurs. Ainsi en est-il des enseignants et des élèves. L'axiologie étudie les valeurs et les croyances des individus. Les valeurs du bien et du mal constituent l'éthique et celles du

beau et du laid, l'esthétique etc. Dans la relation éducative, l'engagement de tout éducateur fait référence implicitement ou explicitement à un ensemble de valeurs et de croyances. « *Des options axiologiques vont dépendre directement les buts poursuivis par l'éducation. En effet, ce que normalement on s'efforce de transmettre aux autres, c'est ce à quoi on accorde le plus de valeurs* » (De Landsheere, 1992). Ce pôle social et les valeurs qui s'y rattachent modulent même la conception des curricula et des modes d'évaluation. Elles sont à la base des finalités de tout enseignement, les finalités qui répondent à la question suivante : quel types d'hommes voulons-nous former ? « *Il est malheureusement courant de rencontrer des pratiques éducatives en totale contradiction avec le projet initial défini par les finalités* » (Raynal et Rieunier, 1997). Finalement, nous pensons que toute conduite humaine, toute action est subordonnée à un ensemble de croyances. La pédagogie n'en fait pas exception. C'est une action complexe, fédérée par des valeurs et des idéologies, d'où la place primordiale qu'occupe le pôle social dans la transposition didactique.

Ces cinq pôles régulent, les éléments de la transposition didactique dans ses deux volets : la transposition externe (passage du savoir savant des chercheurs au savoir à enseigner, prescrit dans le curriculum) et interne (du savoir à enseigner au savoir réellement enseigné en classe, par les enseignants). Le savoir à enseigner, tel qu'il est enseigné, puise les concepts à partir du savoir savant qu'il régule, à son tour, d'une manière ou d'une autre. Une inter-rétro-action existe de même entre le savoir à enseigner et l'enseignant qui module ce savoir en fonction de ses conceptions d'une part, et entre le savoir enseigné et l'élève qui, dans le cas où il arrive à intégrer ce savoir dans les mailles de sa trame conceptuelle, le fait en fonction de toute sa structure cognitive et de toute son histoire. Il filtre donc ce savoir, le module, l'articule, l'insère, et l'adapte à ses représentations de départ. C'est donc une boucle inter-rétro-régulatrice complexe entre tous les éléments de la transposition didactique, interne et externe, et entre les cinq pôles cités (figure 1).

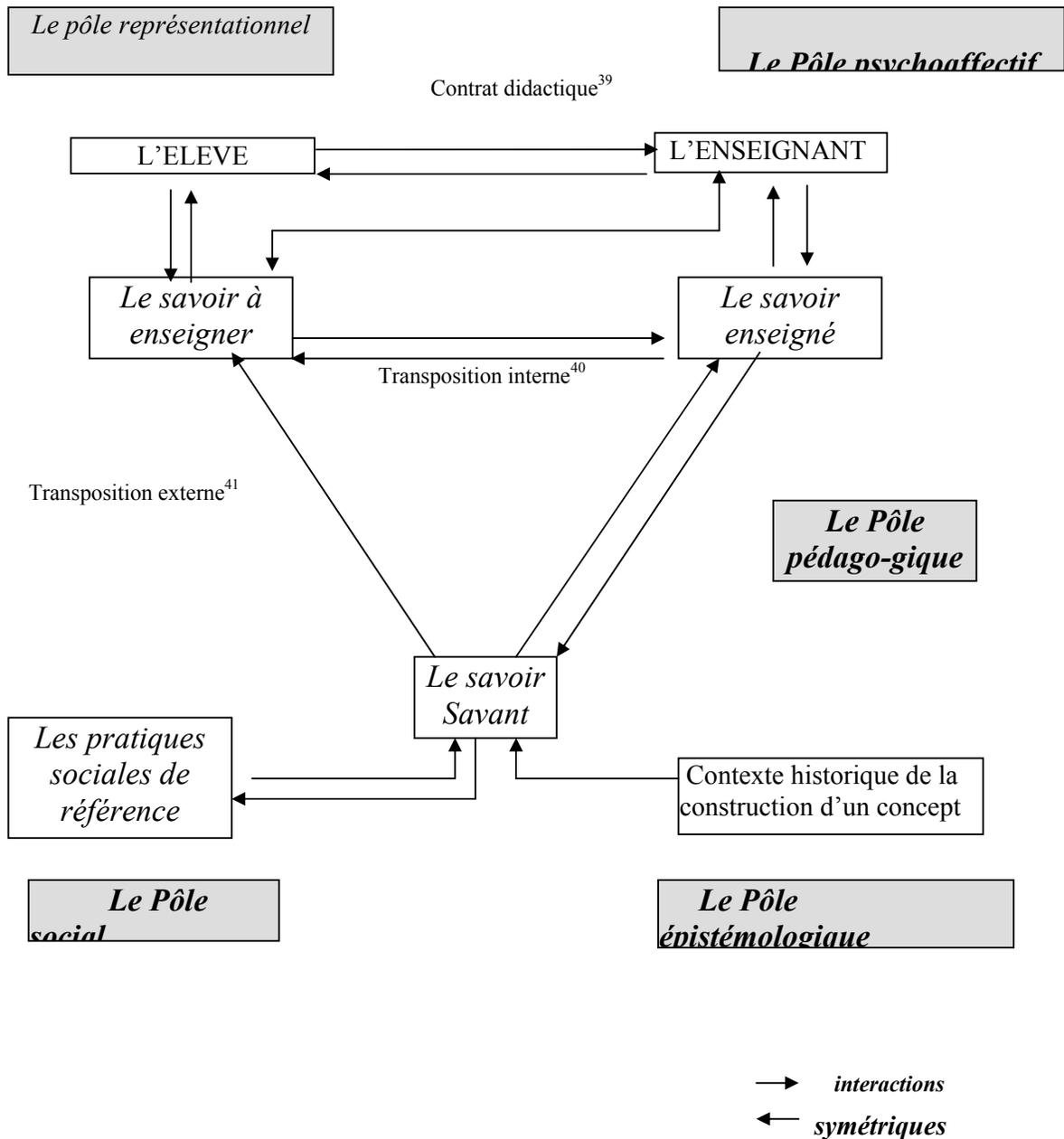


Figure 0-1: La prise en compte de la complexité dans la transposition didactique.

<sup>39</sup> C'est dans un contexte interactif caractéristique de la situation didactique et défini sur la base de trois éléments : le maître, l'élève et la connaissance que Brousseau (1980, p. 127) définit le **contrat didactique** comme étant « l'ensemble des comportements spécifiques des connaissances enseignées du maître qui sont attendus de l'élève et l'ensemble des comportements de l'élève qui sont attendus du maître ». Dans la perspective goffmanienne, le contrat didactique pourrait être défini comme l'ensemble des modélisations acceptables et partagées qui doivent s'actualiser à propos d'une connaissance dans le cadre d'une interaction didactique (Sarrazy, 1995, p.90)

<sup>40</sup> Les adaptations particulières à chaque enseignant n'interviennent qu'au niveau de la **transposition interne**.

<sup>41</sup>La **transposition externe** est réglée par ce que Chevallard appelle la *noosphère* ; sphère de ceux qui pensent les contenus d'enseignement, regroupant les universitaires qui s'intéressent aux problèmes d'enseignement, les auteurs de manuels, les chercheurs, les inspecteurs, les associations de spécialistes, les groupes d'innovateurs, les concepteurs de programmes et aujourd'hui...les didacticiens (Astolfi, Darot, Ginsburgur-Vogel & Toussaint, 1997, p. 179)

## Le constructivisme

L'hypothèse constructiviste (l'individu construit lui-même ses propres connaissances) est née par opposition à l'hypothèse ontologique (les connaissances sont des réalités postulées indépendantes des observateurs qui les décrivent et sont donc communicables et transmises à l'individu). (Jonnaert, 2002). Les principales théories constructivistes nous parviennent de la psychologie, de l'épistémologie et de la didactique. En psychologie, le constructivisme est une position théorique qui admet que le développement d'un individu est un processus permanent de construction et d'organisation des connaissances : chacun des « états » de connaissances est représentatif d'un niveau de développement. Le point de vue constructiviste (modèle intellectuel que l'on adopte pour résoudre un problème), s'oppose ainsi au point de vue béhavioriste<sup>42</sup>, longtemps dominant en psychologie.

En épistémologie et en didactique, le terme de constructivisme concerne les procédures d'enseignement centré sur l'élève. Ce dernier est mis au cœur des apprentissages et se construit son propre savoir. C'est par opposition aux méthodes transmissives où l'élève « subit » passivement les informations, que la pédagogie constructiviste fut introduite dans le monde de l'enseignement. Elle insiste sur la construction de situations plus calibrées qui motivent l'élève, l'enseignant ayant pour rôle de guider l'élève dans la construction du savoir. Cette construction structurante du savoir se fait soit de façon progressive et continue, soit par ruptures. L'activité du sujet conduit finalement aux remodelages et aux réorganisations qu'implique l'apprentissage. Les savoirs ne se transmettent pas et ne se communiquent pas non plus, à proprement parler ; ils doivent toujours être construits ou reconstruits par l'élève qui, seul, apprend. Citons, l'exemple de Prost (1985) : « *Le terme de transmission ne convient que pour des informations, non pour de véritables savoirs. C'est que les savoirs ne sont pas des choses qui se puissent clairement délimiter, à la différence des renseignements ou des informations* ». L'élève devient en quelque sorte « producteur de savoir ».

Le constructivisme se focalise sur les processus de compréhension et s'oppose ainsi aux théories développementales. Pour Yager (1991), le constructivisme est un modèle qui analyse comment l'apprentissage prend place plutôt qu'une théorie qui explique le développement de la rationalité. L'apprentissage est un processus actif de construction ou de mise en commun d'un cadre conceptuel par un processus d'interprétation. On ne peut

---

<sup>42</sup> Modèle selon lequel les structures mentales sont considérées comme une boîte noire inaccessible et qu'il est donc plus réaliste et plus efficace de s'intéresser aux entrées et aux sorties qu'aux processus eux-mêmes.

pas apprendre la science par transmission, du moins quand il s'agit d'un apprentissage ayant du sens (Cobern, 1996). Un raisonnement constructiviste implique un apprentissage basé sur la négociation et l'interprétation influencée par une conception antérieure (ce qui rappelle les deux modalités d'adaptation Piagetienne : l'assimilation par l'organisme des apports externes et l'accommodation de l'organisme aux caractéristiques externes). D'ailleurs, une communication réussie requiert un minimum de représentations partagées. Selon Cobern, l'apprentissage est significatif quand les instructions sont didactiques et directes. Le constructivisme permet à l'élève actif et acteur de ses propres apprentissages basés sur ses pré-acquis, d'accorder du sens à un concept enseigné. **Ceci devient possible, non parce que c'est l'enseignant qui a expliqué le « sens » à l'élève, mais parce que c'est l'élève qui a pu accorder du sens à ce que son enseignant lui dit.** L'élève apprend ainsi, non par réception d'une transmission, mais par interprétation d'un message. Le constructivisme implique donc des interprétations influencées par les connaissances antérieures, et ceci suggère une conceptualisation des connaissances scientifiques dans laquelle il est raisonnable de concevoir une culture scientifique.

Le constructivisme s'oppose ainsi à la pédagogie de la transmission-réception centrée sur l'objet. D'après Astolfi & Develay (1989), L'élève arrive à construire son savoir en investissant le réel complexe (médiatisée, documentaire etc). L'élève s'approprie le savoir de manière non linéaire et souvent par des ruptures où plusieurs paramètres du milieu peuvent interférer y compris des constructions très individualisées. Avant tout apprentissage, l'élève dispose selon Piaget (1967) d'un mode d'explication qui oriente la manière dont il organise les données de la perception dont il comprend les informations et dont il oriente son action. Le constructivisme prend appui sur la réorganisation du système de représentations par l'élève lui-même. Piaget montre l'importance de la « décentration » et du « conflit de centration » par des situations-problèmes où un sujet progresse quand s'établit en lui un conflit entre deux représentations sous la pression duquel il est amené à réorganiser l'ancienne pour intégrer les éléments apportés par la nouvelle « accommodation d'ajustement ». D'où le modèle constructiviste : la situation-problème met simplement l'objet en route, l'engage dans une interaction active entre la réalité et ses projets, interaction déstabilisante et restabilisante, grâce aux décodages introduits par le formateur, ses représentations successives et c'est dans cette interaction, selon Piaget, que se construit souvent irrationnellement, la rationalité. L'auto-structuration, l'établissement de liens entre les connaissances et la résolution de problèmes sont donc au cœur du constructivisme.

## **Apprentissage par résolution de problème (ARP) ou Problem based learning<sup>43</sup> (PBL)**

Dans le cadre de cette étude, nous nous intéressons à un courant pédagogique constructiviste qui a vu le jour à la Faculté de médecine de McMaster University, à Hamilton, Ontario (Canada), lors de sa création en 1970 : le Problem based learning (PBL), expression traduite en français par Des Marchais et al (1988) par « apprentissage par problèmes » et par Pochet (1995) par « apprentissage par résolution de problèmes ». Nous ferons usage, tout au long de cette étude, de l'acronyme anglo-saxon (PBL) pour désigner l'apprentissage par résolution de problèmes. Le PBL est apparu en réaction aux cours théoriques traditionnels où les élèves sont impliqués passivement et sont confrontés à des problèmes bien définis, plus ou moins artificiels, admettant une solution univoque. Depuis quelques années, le PBL commence à être introduit dans les classes, partiellement ou entièrement, en tant qu'approche constructiviste, dans quelques pays européens mais surtout aux Etats-Unis et au Canada.

### **Définitions et enjeux de l'apprentissage par résolution de problèmes ou PBL**

Le PBL est « *une approche d'apprentissage qui défie les élèves à « apprendre à apprendre » en travaillant en groupes pour résoudre de vrais problèmes du monde* » George Watson<sup>44</sup> (2004). L'idée principale est que « *le point de départ de tout apprentissage doit être un problème, un questionnement, ou un puzzle que les élèves souhaiteraient résoudre* » Boud (1985). Le PBL pourrait être défini comme étant « *une approche globale de l'enseignement qui favorise l'autonomie de l'étudiant et abandonne la leçon magistrale (...) C'est la confrontation de l'étudiant avec un certain nombre de situations-problèmes* », Bernard Pochet, (1995, p. 96). L'un des premiers traits de l'apprentissage par résolution de problèmes est le fait qu'il est centré sur l'élève. Les objectifs à atteindre sont, dans ce cas là, au moins en partie, déterminés par les élèves eux-mêmes. Ceci ne veut point dire que l'enseignant doit abdiquer son rôle en tant que référence ou son autorité concernant ce que l'élève doit apprendre. Ceci ne veut pas dire non plus, que toute la responsabilité de l'apprentissage doit retomber sur les épaules des élèves. Il s'agit surtout, de créer une source de motivation à l'apprentissage en impliquant l'élève dans l'opération éducative. Une des critiques communes de l'apprentissage centré

---

<sup>43</sup> Schmidt et al (1996) distinguent la démarche du PBL de la simple résolution de problème (*Problem-solving*) ou de la « situation-problème », dans laquelle le problème est entièrement construit par l'enseignant et comporte une réponse unique. La construction du problème posé, dans le cadre du PBL, est puisée de la courante et réelle. Au PBL, Le problème doit être complexe (mais traitable) pour nécessiter des recherches documentaires et un partage des tâches dans le groupe.

<sup>44</sup> Atelier de formation au PBL, avril 2004, Université Américaine de Beyrouth, Liban.

sur l'élève (ACE) est que, en novices, les élèves pourraient ignorer ce qui leur est important à apprendre, surtout en ce qui concerne des sujets qui leur sont complètement nouveaux. En contre partie, d'autres littératures (Scardamalia, et Bereiter, 1989) assurent que les sujets ne sont jamais entièrement nouveaux pour nos élèves qui n'arrivent pas, en classe, à la manière d'une *tabula rasa*. Ils viennent avec des conceptions qui interagissent, d'une manière ou d'une autre, avec la situation présente. Au contraire, les élèves ont souvent plus de connaissances que nous ne le prévoyons. Dans tous les cas, que les conceptions des élèves soient conformes aux connaissances actuelles ou pas, elles peuvent aider ou gêner l'apprentissage et il faudrait les prendre en considération, lors de la construction d'un concept. L'enseignant aurait ainsi la possibilité de se renseigner sur le bagage intellectuel des élèves. Les situations permettant d'identifier les conceptions des élèves à partir d'un problème à résoudre constituent un moyen de déterminer leur façon de penser. L'apprentissage par résolution de problèmes (PBL) basé sur les méthodes actives, interactives ou collaboratives, donne à l'enseignant l'opportunité d'observer et d'analyser le processus d'apprentissage de chaque élève.

Le contexte dans le PBL est très spécifique. Cela sert à enseigner un contenu en présentant aux élèves des défis réels, tirés de la vie courante, similaires à ceux qu'ils risquent de rencontrer en tant que praticiens disciplinaires. Enseigner un contenu à travers des habiletés et des techniques est une des caractéristiques fondamentales du PBL. Autrement dit, Les enseignants arrivent ainsi à introduire des contenus via des textes et des conférences. De cette façon, après une somme importante de contenu, les élèves seront évalués selon des moyens assez variés (exposés, synthèse, production, etc.). L'apprentissage par résolution de problèmes, est une méthode inductive : les élèves apprennent un contenu en essayant de résoudre un problème. Mais qu'est-ce qu'un problème ?

Andler (1987) fait la différence entre une question qui amène une réponse courte sans argumentation, en utilisant un algorithme et un problème dont la recherche de la solution nécessite argumentation et raisonnement sans algorithme défini comme *a priori*. L'autre conception du problème que l'on trouve en intelligence artificielle (Newell & Simon, 1972) est l'idée du « *general problem-solver* » dans laquelle il n'y a pas de transformation directe entre l'état initial et l'état final, mais l'existence de précablage ramènerait la résolution de problème à trouver un cheminement original dans un ensemble de cheminement existant. Dans ce cas, toute résolution de problème pourrait se résoudre en

un algorithme. Pour Andler (1987) et Fabre (1999), le problème est ce qu'on soumet à discussion. Pour Hoc (1992), tout problème doit comporter des buts, des conditions, des tâches et des contraintes.

*Les problèmes à résoudre en PBL révèlent une complexité narrative et sont puisés de situations réelles rencontrées dans le cadre de la discipline étudiée. Il n'y a pas de place aux réponses « justes » ou « fausses ». Il s'agit plutôt d'analyser les réponses raisonnables des élèves, des réponses basées sur des connaissances construites par eux, dans le but de répondre à une question importante. La solution dépend aussi en partie, des acquisitions, des compréhensions des faits et surtout de l'esprit critique des élèves. On parle souvent « d'esprit critique » sans prendre la peine de le définir. Qu'est-ce qu'un esprit critique ? Selon notre conception, un esprit critique est lié à la capacité d'analyse, de synthèse, de recul, d'évaluation de la qualité et des sources des informations, ainsi que la capacité de contextualisation d'une information donnée. Autrement dit, c'est la capacité d'intégrer des connaissances connues par l'élève à d'autres non connues par lui pour construire un nouveau corps de connaissances. A noter que nous ne demandons pas aux élèves de créer de nouvelles connaissances mais de s'approprier quelque chose de nouveau pour eux. D'ailleurs, ce n'est pas exceptionnel, de tomber sur certaines solutions sophistiquées et géniales proposées par des élèves. Ces solutions « construites » par les élèves ne sont pas le résultat d'un enseignement magistral effectué par l'enseignant.*

L'enseignant n'a, en appliquant le PBL, ni un rôle passif ni un rôle « d'acteur sur scène ». Le rôle de l'enseignant est de moduler différentes stratégies de résolution de problèmes (Collins, Brown & Newman, 1989). Le rôle majeur de l'enseignant est de questionner les élèves à propos de leurs processus d'apprentissage en posant des questions métacognitives comme : « Comment le savez-vous ? » ou « Quelles hypothèses proposez-vous ? » Ce genre de questions pousserait les élèves à devenir réflexifs quant à leurs processus d'apprentissage, c'est une autre caractéristique fondamentale du PBL : c'est une méthode centrée sur le processus beaucoup plus que sur la production. Ceci pourrait paraître, à première vue, contradictoire avec la « solution » cherchée dans l'apprentissage par résolution de problèmes. Or, vu la prolifération rapide de la connaissance et des informations, il est beaucoup plus intéressant de former nos élèves à maîtriser des stratégies de résolutions de problèmes, à une façon de ré-fléchir sur leur démarche plutôt que de leur demander de mémoriser des connaissances.

Le PBL permet aux élèves d'avoir une idée de la manière avec laquelle un praticien fonctionne et raisonne. Comment un biologiste réfléchit-il ? Comment collaborer avec un partenaire pour résoudre un problème ? Cette façon de fonctionner touche à l'interdisciplinarité, puisqu'il est difficile qu'une seule discipline puisse apporter une réponse à une problématique. Cette interdisciplinarité fait partie intégrante des problèmes à résoudre, notamment dans le cadre du travail et de la vie concrète. Trois plaintes majeures sont signalées par les employeurs : « les nouveaux diplômés ont des difficultés à écrire avec une bonne syntaxe, à résoudre une situation-problème et à collaborer avec d'autres professionnels ». Le PBL répond à ces trois critères.

### **Les caractéristiques du PBL**

*Les adeptes du PBL montrent que les élèves apprennent mieux quand ils sont engagés dans des problèmes complexes et contextualisés, surtout si l'environnement de l'apprentissage inclut une interaction entre l'enseignant et les élèves (Albanese, 2000 ; Schmidt Machiels-Bongaerts, Hermans, Ten Cate, Venekamp, Boshuizen, 1996). La pédagogie par PBL est caractérisée par les points suivants :*

- Le PBL est centré sur l'élève et il est expérimental : cet apprentissage implique une sélection des informations disciplinaires, surtout celles qui ont du « sens » pour l'élève et qui l'intéressent. La pertinence et l'établissement de liens entre différents concepts sont des caractéristiques importantes du PBL. C'est le moteur de motivation pour l'élève pour un apprentissage autonome.
- C'est un apprentissage inductif : le PBL introduit le contenu à travers un processus de résolution de problèmes plutôt que la résolution de problème après l'introduction du contenu. Les recherches montrent que l'apprentissage profond se fait quand les informations sont introduites à travers un contexte ayant un « sens ».
- Le PBL utilise les connaissances antérieures : si le cas analysé semble être pertinent pour les élèves, ils seront appelés à mobiliser des connaissances acquises ou qu'ils prennent pour acquises. En focalisant sur leurs pré-requis, les élèves pourraient tester les hypothèses, les connaissances antérieures et les faits. La

littérature en didactique suggère que l'apprentissage soit plus efficace quand un conflit s'établit entre des conceptions établies et de nouvelles informations.

- Le PBL est contextualisé : vu que les problèmes choisis sont réels, le contenu de la solution est hautement contextualisé et dépend des genres de défis affrontés par les praticiens du domaine. D'ailleurs, les informations spécifiques et contextualisées tendent à être de loin mieux apprises en profondeur, ancrées et difficilement oubliées.
- Le PBL est basé sur des problèmes complexes dont la solution exige une méta-cognition : la sélection d'exemples actuels, tirés de la vie courante de la discipline, pousse les élèves à analyser leurs propres stratégies de résolution de problèmes. Ceci exige un squelette de réflexion de haut niveau comme l'analyse, la synthèse, l'évaluation et la création de nouvelles informations.
- Le PBL induit un conflit cognitif : le choix de cas avec des informations qui exigent des solutions complexes pourrait induire de nouveaux problèmes à résoudre et de nouveaux défis non conformes aux conceptions des élèves. Les recherches montrent que l'apprentissage est plus solide s'il résulte d'un conflit cognitif entre des conceptions établies et des nouvelles informations.
- Le PBL est collaboratif et interdépendant : les élèves travaillent en petits groupes pour résoudre le problème. En collaborant, les élèves se confrontent à plusieurs stratégies de résolutions de problèmes, ils discutent le cas en utilisant l'ensemble des informations proposées par le groupe. Ils assument ainsi une responsabilité collective de leur propre apprentissage.
- Le PBL est une application de l'interdisciplinarité : les recherches utilisent des sources multiples d'informations ce qui implique plusieurs disciplines. Cet apprentissage donne l'occasion aux élèves d'éviter le morcellement des connaissances induit par les logiques disciplinaires pour tisser des liens entre les différents concepts enseignés dans plusieurs disciplines (voire entre les concepts enseignés au sein d'une même discipline, ce que nous qualifions d'intradisciplinarité).

## **Le PBL et la pédagogie du projet**

Même si la pédagogie de projet est initialement attribuée à Socrate, la plupart des enseignants d'aujourd'hui pratiquent, à un moment ou à un autre, un apprentissage par projet et ceci en demandant des travaux de recherche à leurs élèves, en extension au cours. Ces travaux concernant un sujet déterminé sont étendus sur un assez long temps et demandent aux élèves un investissement important, à travers des exercices, des entretiens, des investigations, travail qu'ils effectuent seuls ou avec la collaboration d'autrui. Cet apprentissage par projet est nécessairement interdisciplinaire et se fait par résolution de problèmes. La littérature définit l'apprentissage par résolution de problèmes (ou par projet) comme étant la stratégie pédagogique qui pose des situations signifiantes, contextualisées du monde réel. Cette stratégie assure un accompagnement et des instructions pour guider les élèves dans le développement de leurs connaissances et dans leur aptitude à résoudre un problème (D'après Mayo, et al, 1993). Le PBL est à la fois un curriculum et un processus. L'apprentissage via l'ARP vise à diriger les élèves à travailler en groupes fonctionnels et en investigateurs indépendants. Fondamentalement, à travers cette méthode, les élèves assument davantage la responsabilité de leur propre apprentissage.

Le PBL est une approche qui pourrait être utilisées en conjonction avec d'autres méthodes d'apprentissage. Les enseignants qui utilisent le PBL mixent en fait plusieurs idées éducatives :

- 1- Le constructivisme : théorie éducative basée sur la construction des connaissances, à travers des expériences, par les élèves eux-mêmes. La théorie sous-jacente est que les élèves apprennent mieux quand ils sont engagés dans l'apprentissage que quand ils reçoivent passivement des informations.
- 2- Les intelligences multiples : C'est la théorie de Howard Gardner (1997) qui incorpore plusieurs formes de l'intelligence (musicale, linguistique, logicomathématique, etc). Ces différentes formes de l'intelligence interagissent pour développer le potentiel individuel.

- 3- L'apprentissage basé sur l'information : concept basé sur la capacité des élèves à générer et à tester des hypothèses. L'apprentissage est, dans ce cas là, auto-dirigé, auto-motivé et auto-déstiné.
- 4- L'apprentissage coopératif : un groupe d'élèves s'engage à compléter un projet donné.
- 5- Le processus d'écriture : à travers l'organisation des idées, l'obtention d'informations de retour (feedback), la révision et la publication des résultats.

Toutes ces idées éducatives incrustent le PBL dans une pédagogie du projet « où les projets sont un moyen de guider les apprentissages, où ils s'intègrent dans la préparation des activités d'enseignement qui peuvent prendre différentes formes. **En favorisant des pédagogies associées à la notion de projets, on favorise un décloisonnement des disciplines, une responsabilisation de l'apprentissage par l'élève et de meilleurs liens entre l'école et les activités en dehors de l'école<sup>45</sup>** ». (Lafortune, Deaudelin & Deslandes, 2001, p.48).

### **Avantages de l'apprentissage par résolution de problème (PBL)**

La capacité de résoudre des problèmes est beaucoup plus qu'une simple accumulation de règles et de connaissances. Savoir résoudre un problème (s'intéresser au processus) est différent de savoir trouver une solution à un problème (s'intéresser aux produits). Le PBL est plutôt le développement des stratégies cognitives flexibles qui permettent d'analyser des situations nouvelles à travers des solutions ayant du « sens ». L'avantage du PBL par rapport à l'enseignement traditionnel est qu'il permet aux élèves de transférer la compétence de résoudre des problèmes aux défis du monde réel. En PBL, la méthode scientifique ne consiste pas à appliquer une série d'étapes, d'une manière uniforme et commune à toutes les situations, mais à développer l'esprit d'investigation chez les élèves. Les élèves développeront des stratégies de raisonnement très variées pour résoudre les problèmes en fonction de leur contexte et de leur complexité. Plusieurs avantages du PBL ont été identifiés :

---

<sup>45</sup> Souligné par nous.

- 1- Le PBL coupe avec les techniques de mémorisation aveugle en engageant les élèves à structurer des résolutions de problèmes contextualisés et tirés de la vie courante. (Vernon et Blake, 1993).
- 2- Le PBL tend à développer l'auto-apprentissage parce qu'il pousse l'élève à avoir recours à des sources en dehors du cadre scolaire comme les journaux, les sites Internet, les entretiens etc. (Vernon et Blake, 1993).
- 3- Le PBL permet une compréhension engagée, complexe, utile et de haut niveau par rapport à l'enseignement traditionnel. (Albanese et Mitchell, 1993).
- 4- Le PBL permet de transférer des compétences acquises en classe au monde du travail. (Gallagher, et al.1992).
- 5- Le PBL facilite l'interaction entre les élèves à travers les travaux de groupe ce qui permet l'échange des habiletés et des compétences. (Bernstein et al, 1995 ; Pincus, 1995 ; Vernon et Blake, 1993).
- 6- Le PBL motive les élèves qui deviennent plus assidus et réguliers dans leur travail que ceux des classes traditionnelles. (Vernon et Blake, 1993).
- 7- Le PBL est une source de motivation pour les élèves (Dolmans, 1994).
- 8- Le PBL permet de rendre les conflits bénéfiques : les conflits déclenchés entre élèves peuvent être exploités. Ils apprendront ainsi à les gérer et à profiter d'une situation conflictuelle.

### **L'apprentissage par résolution de problèmes, en classe**

En utilisant le PBL, les rôles de l'élève et de l'enseignant changent :

- Les élèves assument davantage leur responsabilité dans un apprentissage à long terme. Ils travaillent en groupes, définissent et analysent le problème soumis, formulent les objectifs de travail et le champ du sujet à couvrir, élaborent la synthèse et expliquent les informations étudiées individuellement. Les élèves arrivent ainsi à se construire un concept donné, à travers la résolution de problèmes.

- 9- - Le nouveau rôle de l'enseignant est celui du facilitateur. Il doit maîtriser les techniques du travail de groupe et de l'entraînement au travail collaboratif. Savoir comment guider et accompagner sans être l'unique référence pour les élèves est une position difficile qui nécessite une rupture avec les conceptions communes du rôle de l'enseignant. L'enseignant-tuteur devient celui qui encourage, oriente dans

le bon sens, évite les jugements et les réactions négatives, familiarise l'élève avec les questions métacognitives et assume son rôle d'accompagnateur. (Aspy et al, 1993).

Pour enseigner par PBL, trois principes sont à appliquer :

- Identifier le concept par ses attributs primaires et secondaires.
- Modéliser le concept d'une manière opératoire.
- Identifier le problème que le concept permet de résoudre.

10- La phase la plus importante reste la « problématisation » d'une situation ou d'un concept donné. J. Cavanaugh de l'Université de Delaware décrit la création de problèmes, aux éducateurs, de la manière suivante : « ...prenez vos examens et retravaillez-les. Prenez les problèmes du monde et questionnez-les et faites de chacun d'eux un problème à résoudre ». De même d'après G. Watson<sup>46</sup> (2004) la création d'un problème implique le passage par cinq étapes :

- 1- *Etape 1 : S'inspirer à partir d'articles de journaux, de revues, de travaux de recherches, des nouvelles de tous les jours etc. pour identifier un problème en fonction du niveau des élèves, de leur nombre et des objectifs d'apprentissage visés en classe.*
- 2- *Etape 2 : Penser le scénario ou le sketch.*
- 3- *Etape 3 : Ecrire un bref synopsis du problème, mettre en relief la mise en scène du problème.*
- 4- *Etape 4 : Estimer la motivation des élèves face à ce problème proposé.*

*Si l'apprentissage par résolution de problèmes facilite la construction de liens entre les connaissances et permet l'appropriation des concepts par les élèves dont le rôle est actif, l'apprentissage par construction de cartes conceptuelles ne peut que renforcer la mobilisation de ces liens construits par les élèves et peut même servir d'outil d'évaluation.*

### **Apprentissage par construction de cartes conceptuelles**

Le répertoire sémantique concernant les représentations spatiales de concepts scientifiques s'est enrichi, notamment depuis le développement du courant de l'intelligence artificielle

---

<sup>46</sup> Atelier de formation au PBL, avril 2004, Université Américaine de Beyrouth, Liban.

(IA): les cartes conceptuelles (Concept Mapping), les conceptogrammes<sup>47</sup>, les trames conceptuelles<sup>48</sup>, les réseaux conceptuels ou sémantiques<sup>49</sup>, les champs ou mots associatifs, sans compter les autres désignations anglo-saxonnes (networks, frameworks, models, flow charts) etc. L'objectif final de toutes ces représentations spatiales est de construire des liens entre les concepts ou entre les notions d'un même concept. Nous nous limitons, dans le cadre de cette étude, à l'analyse brève du concept de cartes conceptuelles ou concept mapping, qui a été utilisé dans la formation des enseignants.

Une carte conceptuelle est « *un graphe formé de nœuds représentant des concepts avec des lignes **annotées** montrant la relation entre une paire de nœuds* ». (Araceli Ruiz-Primo, M. & Shavelson, R. (1996), p. 569). « *Il s'agit de construire une représentation spatiale d'une base de connaissance de type déclaratif. Pour cela le chercheur isole et choisit les concepts pertinents, les hiérarchise par niveaux ordonnés, puis il relie les concepts entre eux par des ponts ou des liens homogènes* » (Jacobi et al, 1994, p.14).

*Dans toutes les représentations du type carte conceptuelle, on effectue un étiquetage de concepts ou notions, avec en général une hiérarchisation et des mises en relation. Ensuite, une spatialisation de ces étiquettes et leurs liens est réalisée (Jacobi, Boquillon et Prevot , 1994).*

*Il y a donc, avant tout, découpage du concept en un ensemble de « sous-concepts » ou de notions en fonction des choix liés aux buts visés. « Rappelons les liens entre les cartes conceptuelles, le début de la pédagogie par objectifs, en particuliers aux Etats-Unis, et le béhaviorisme » (Tiberghien, 1994, p.55). Paradoxalement, la construction de liens entre concepts et notions nécessite d'abord le déclinement du concept en ses attributs. « La formulation du concept mapping par Novak, en 1972, s'inscrit dans le mouvement du*

---

<sup>47</sup> Un conceptogramme correspond à la matérialisation des différentes notions d'un concept pouvant être abordées dans l'étude d'un concept pivot, et aux relations qui les unissent. Il peut aussi lier les différents concepts et montrer leurs inter-relations, puisqu'un concept fonctionne toujours en relation avec d'autres et dans un contexte donné.

<sup>48</sup> Définition de A. Giordan (1987, p.93) : « Ces trames ont pour fonction d'analyser la matière enseignée en mettant en relations internes et externes chacun des concepts ; les relations internes sont celles qui lient les notions constitutives de concepts à elles-mêmes, les relations externes sont celles qui lient un concept à ceux qui lui sont limitrophes ». La trame conceptuelle proposée par Astolfi et al (1990) porte sur des unités spatialisées. Alors que dans une carte les concepts correspondent à des mots isolés, dans les trames, chaque étiquette contient un énoncé complet de concepts, c'est-à-dire une phrase de base. La trame est un réseau d'énoncés opératoires reliés par des flèches non annotées. La trame n'est pas un système hiérarchisé de petite taille.

<sup>49</sup> Le réseau conceptuel ou terminologique très utilisé en intelligence artificielle fait apparaître un nombre considérable de termes reliés par des flèches chiffrées (le chiffre sur la flèche indique le nombre de liens entre termes et donc la densité de ces liens).

béhaviorisme qui a donné naissance à la pédagogie par objectifs<sup>50</sup> » (Tiberghien, 1994, p.55). Ainsi le but de cette technique est de raccorder les pièces du puzzle en les reliant de façon significative pour pouvoir accorder du sens à un concept donné.

Jacobi et coll (1994), distinguent d'après Novak, trois catégories de cartes conceptuelles, selon leur utilisation :

- Les cartes de conceptions d'apprenants ou d'enseignants. Elles servent à enregistrer et à visualiser des liens entre concepts enseignés.
- Les cartes conceptuelles composites ou de synthèse, issues d'une recherche didactique. Ces cartes servent de référence pour définir une stratégie d'enseignement.
- Les cartes-modèles proposent une représentation spatiale de concepts comme modèle de référence.

Quelle que soit la carte conceptuelle construite, la représentation spatiale attendue vise un établissement de liens entre nœuds conceptuels<sup>51</sup> par des lignes annotées. La plupart des théories cognitives montrent que le concept d'interrelation est essentiel dans tout apprentissage. D'ailleurs, l'un des domaines de compétences exigé est celui de la structuration des connaissances (Glaser & Bassok, 1989). **Une carte conceptuelle reflète ainsi les connaissances d'un élève dans un domaine donné (en physiologie par exemple), et surtout les liens que l'élève est capable de mobiliser entre ces différentes connaissances et le sens qu'il accorde à ces liens construits.** Araceli Ruiz-Primo & Shavelson (1996) distinguent deux types de cartes conceptuels :

- Les cartes conceptuelles hiérarchiques (Hierarchic Concept Maps): Basées sur les théories de Ausubel (1968) et de Novak et ses collègues (Novak & Gowin, 1984) inventeurs du terme « carte conceptuelle ». Les cartes conceptuelles étaient prévues en tant que structures cognitives qui permettraient aussi bien à l'enseignant qu'à l'élève d'évaluer les connaissances acquises. Les cartes

---

<sup>50</sup> La grande idée de la pédagogie par objectifs porte sur le découpage de la connaissance en autant d'unités enseignables, le critère de choix étant, avant tout, la possibilité d'acquisition liée à celle d'évaluation (Johsua & Dupin, 1993 ; Weil-Barais, 1993). L'hypothèse d'apprentissage étant que si l'on découpe suffisamment les connaissances, il est toujours possible à un élève de les apprendre et de les relier.

<sup>51</sup> Nœud conceptuel : notion clef pour la compréhension d'un concept donné.

*conceptuelles hiérarchiques consistent à commencer par la notion la plus générale et le plus anciennement connue (attributs primaires du concept) vers celles qui sont plus particulières et spécifiques (attributs secondaires du concept). « Il s'agit, au cours de la lecture du texte, de repérer les catégories plus générales implicites ou explicites, susceptibles de permettre un regroupement de concepts, puis d'établir un classement des concepts du plus générique au plus spécifique, de manière à faire percevoir une certaine hiérarchie, pour arriver, en fin de liste, aux exemples » (De Bueger-Vander Borgh & Lambert, 1994, p.76). Les lignes de connexions doivent être clairement annotées et les relations entre les branches doivent permettre d'identifier l'ordre hiérarchique des notions reliées. Les nouveaux concepts et les nouveaux liens seront ajoutés à la hiérarchie, soit par ajouts de branches, soit par ramification de celles qui existent.*

- *Les cartes conceptuelles en réseaux (Network Concept Maps): Basées sur les théories associationnistes (Deese, 1965 et Shavelson, 1972). Les notions et concepts sont interreliés sans hiérarchie. Il ne s'agit pas dans ce cas, d'aller du général au particulier. Selon les théories associationnistes l'importance d'un attribut d'un concept dépend du point de vue du constructeur de la carte (exemple : les attributs primaire du concept de respiration changent selon qu'un biologiste, un médecin ou un peintre soit en train de construire la carte).*

*La carte conceptuelle permet de mettre en évidence les concepts envisagés par l'auteur (enseignant, chercheur ou élève), elle permet également de montrer la façon dont l'auteur hiérarchise, relie les connaissances et facilite la vue d'ensemble des attributs d'un concept donné. Mais comme toute technique pédagogique, l'apprentissage par construction de cartes conceptuelles a aussi des limites : il met en relief les imprécisions et les lacunes conceptuelles, il induit au morcellement des connaissances s'il est construit de façon imprécise et « ne nous donne aucune information à propos de la façon dont les concepts sont abordés, de leur ordre de présentation, de l'importance accordée à chacun » (De Bueger-Vander Borgh, & Lambert, 1994, p.77).*

*La carte conceptuelle permet à l'élève d'évaluer ses capacités à relier les connaissances, mais elle permet aussi à l'enseignant de le faire, soit dans le cadre de préparation de cours, soit dans le cadre d'une évaluation. Mais les enseignants sont-ils suffisamment*

*formés (en formation initiale et en formation continue) à ce type de pédagogie constructiviste?*

## **La formation des enseignants**

*La pluralité des recherches en didactique et en pédagogie, la prolifération incontrôlable du savoir, notamment des savoirs scientifiques et technologiques, les exigences du siècle et les attentes des directeurs d'école, des élèves et de leurs parents, témoignent du besoin incontournable de « former » les enseignants. En France, cette prise de conscience s'est manifestée, il y a dix ans, par la décision de créer les IUFM<sup>52</sup> (Robert & Terral, 2000). Par ailleurs, l'analyse des politiques éducatives de ces dernières décennies a montré que, pour transformer les méthodes d'enseignement et d'apprentissage, il ne fallait pas négliger l'apport essentiel des enseignants (CERI, 1998). Les connaissances des enseignants, leur motivation et leurs capacités d'organisation doivent être mises au service du changement (Solar, 2001). La professionnalisation de la formation des enseignants engage donc une conception de l'exercice professionnel, des savoirs et des compétences qu'il requiert, tant sur les plans des savoirs disciplinaires, didactiques et pédagogiques, que sur les plans éthiques et métacognitifs.*

### **Professionnalisation du métier d'enseignant**

*On sait d'après l'histoire et la sociologie du travail que, jusqu'à la création de l'école obligatoire, le métier d'enseignant était plus souvent une occupation qu'un métier car on exerçait d'abord et en parallèle un autre métier. Enseigner n'était donc point un véritable métier. L'enseignement a correspondu par la suite à une véritable profession pour laquelle existe une formation réelle (au moins au niveau des connaissances à enseigner), mais les outils de pensée et les méthodes d'apprentissages (souvent transmissives) étaient voués à la créativité de chacun. L'enseignant d'aujourd'hui ne peut plus se contenter ni d'une « intuition enseignante », ni de ce que Meirieu<sup>53</sup> appelle « ce je ne sais quoi » qui fait d'un débutant un bon enseignant. « L'enseignant devait être un professionnel des apprentissages...La professionnalisation désignant le processus qui permet à terme de*

---

<sup>52</sup>IUFM : instituts universitaires de formation des maîtres. Trois IUFM expérimentaux virent le jour à la rentrée 1990. (Robert A. & Terral H., 2000).

<sup>53</sup> Conférence de Philippe Meirieu, Université Saint-Joseph, Faculté des sciences de l'éducation, 2003.

maîtriser des compétences dont l'état global constitue la professionnalité de la personne » selon Develay (1994).

*Nous ne pouvons plus jouer à l'enseignant, comme nous l'avons tous fait avec nos amis, quand nous étions petits enfants. Il s'agit de passer du statut « d'amateur » au statut de « professionnel », de l'apprentissage par découverte à partir de « l'action et de l'expérience » à l'apprentissage par « l'instruction » selon Richard (1990). Autrement dit, il s'agit de voir se développer des compétences aux niveaux des savoirs épistémologiques (analyser les grandes étapes historiques de la construction d'un concept), didactiques (analyser les conceptions des élèves et identifier les obstacles à l'apprentissage), pédagogiques (identifier les meilleures structures pour aider les élèves à effectuer une tâche), psychologiques (analyser les difficultés de gestion de classe et de motivation des élèves) et disciplinaires (connaître les concepts disciplinaires et leurs inter-rétro-relations). Il faut donc de se construire des compétences qui font d'un enseignant un spécialiste de l'enseignement. Cette spécialisation nécessitant une articulation continue entre la théorie et la pratique, entre le savoir fondamental et sa mise à jour, est assujettie, comme toute autre spécialisation, à des contraintes de formation. La formation d'un enseignant fait de lui un professionnel capable d'intervenir dans des situations complexes, notamment dans la situation des élèves en échec scolaire. Dans le cadre de la professionnalisation du métier d'enseignant, l'accent est mis sur la construction par l'enseignant d'une compétence, celle de la métacognition. Il est sûr qu'on ne peut jamais définir de façon rationnelle et sûre pourquoi un enseignement réussit ou échoue, mais il est possible de raisonner tout enseignement afin de rendre l'action du professeur raisonnable. « Faire des enseignants, c'est les doter de compétences indispensables à leur propre évolution et les amener à devenir des chercheurs qui réfléchissent sur leur propre pratique...c'est les aider à devenir des spécialistes des processus d'apprentissage capables de déceler quand et comment utiliser telle ou telle méthode ou technique » Dupont (2002). Nul ne conteste que le métier d'enseignant, à quelque niveau qu'il se situe est un mixte de plusieurs pôles dont chacun éclaire une facette du métier. Lang (1999) a identifié six pôles qui caractérisent le métier d'enseignant :*

- 1- Le pôle académique : Correspond à un type de professionnalité fondé sur la transmission de connaissances. Les enseignants traditionnels des classes du cycle secondaire en sont un exemple. Souvent les enseignants de ce cycle focalisent leurs enseignements sur le contenu disciplinaire.

- 2- Le pôle artisanal : Correspond à un type de professionnalité qui vise l'instauration d'habitus spécifiques pour développer la pratique et l'expérience. C'est un enseignement basé sur l'apprentissage imitatif. Selon ce modèle, l'expérience, les techniques et les procédures sont sources de connaissances et moyens de formation.
- 3- Le pôle des sciences appliquées et des techniques : Ce pôle s'appuie sur la recherche de fondements scientifiques pour l'enseignement et sur l'analyse du « poste de travail ». Ce modèle promeut une rationalité instrumentale : Apprendre à enseigner c'est acquérir des connaissances, des principes et des savoir-faire.
- 4- Le pôle personnaliste : Ce modèle est centré sur la « personne » enseignante. Apprendre à enseigner c'est aussi apprendre à se connaître, à se comprendre, à se développer et à savoir utiliser progressivement toutes ses ressources personnelles. Selon ce modèle, apprendre à enseigner ne s'enseigne pas, c'est une découverte progressive, c'est être en recherche et c'est donc se construire.
- 5- Le pôle de l'acteur social / critique : Ce pôle combine une vision progressiste de la société et une critique de l'éducation traditionnelle. Dans l'enseignement, il y a un consensus sur l'importance de promouvoir les valeurs démocratiques, sur la nécessité de favoriser l'expression des élèves, sur la volonté de les aider à construire leur identité, en liant les activités de l'école à l'expérience familiale et sociale, en ouvrant l'école sur les problèmes contemporains de la société.
- 6- Le pôle « professionnel » : Ce pôle représente l'excellence de chacun des autres modèles. Le professionnel caractérise le dépassement du behavioriste vers le modèle du praticien réfléchi. Il s'agit d'intégrer un habitus réflexif, en s'appuyant sur des dispositifs d'analyse des pratiques.

Cauterman., Demailly , Suffys & Bliez-Sullerot, (1999, p. 19), évoquent l'émergence d'une nouvelle figure d'enseignants, dans les années 1980, celle du professionnel. Selon ces auteurs, les enseignants professionnels se caractérisent :

« - par un déplacement du cadre mental de référence de l'action professionnelle qui est pensée comme se déployant dans des organisations plus ou moins englobante (la classe, mais aussi l'établissement, la localité, la zone) ;

- par l'expertise technique sur l'apprentissage, la capacité à formaliser les savoirs professionnels, la contribution à la naissance d'une ingénierie pédagogique ;
- par la capacité d'initiatives, la pleine utilisation des marges de manœuvres que laisse le système, en vue d'amélioration de la qualité des services rendus ».

*La professionnalisation du métier d'enseignant ne consiste pas en un développement, de façon cumulative et indépendante, de ces différentes facettes du métier, sinon des dérives peuvent en émerger. Il s'agit plutôt de l'émergence de l'inter-rétro-action de ces différents pôles. Cette complexité dans la professionnalisation du métier est rarement atteinte au cours de la formation initiale des enseignants et surtout des enseignants de sciences (surtout que les formations de nature didactique, pédagogique et psychologique ne sont pas les points forts des facultés de sciences). Les formations continues sont-elles suffisantes pour combler les lacunes des formations initiales de base ?*

### **De la formation initiale à la formation continue**

La formation initiale, disciplinaire soit-elle, pédagogique ou didactique, demeure le pilier sur lequel se construiront toutes les formations ultérieures. Cependant, quelles que soient les professions exercées, le diplôme ou la qualification acquise en début de vie professionnelle sera remise en cause régulièrement. L'enseignant ne peut plus se contenter de sa formation initiale et de son expérience, certes importantes mais insuffisantes. La formation continue lui permet de professionnaliser le métier et de mettre ses connaissances à jour. « *Si la pratique de l'enseignement reste la condition nécessaire de son travail de formation, elle n'en est plus la condition suffisante (...) La formation sur le terrain ne saurait être seulement empirique* » (Pelpel, 2003, p.15). Nos besoins intérieurs, notre disponibilité psycho-intellectuelle à la construction d'un savoir, notre contexte psychosocio-affectif, nos exigences envers nous-mêmes, nos ambitions etc. nous poussent régulièrement à nous former davantage. Parallèlement à ce moteur interne, source de motivation à une formation continue répondant au besoin d'excellence dans un métier et

au besoin de construction et d'évolution internes, existent des sources de motivation externes : la progression exponentielle du savoir, notamment le savoir scientifique, le monde de plus en plus concurrentiel, les exigences des managers etc.

D'après Dupont (2002), la formation continue des enseignants en fonction touche des domaines multiples : les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC), les approches poly-trans et inter-disciplinaires, le travail d'équipe, les projets d'école, la gestion des conflits en milieu scolaire, les relations école-famille etc. Pour P. Pelpel (2003), les plans de formations continues des enseignants doivent être en étroite articulation avec les différentes approches des pratiques d'enseignement : stages dans les classes, étude de documents écrits ou audiovisuels, élaboration de séquences d'enseignement, analyse de pratiques, production d'outils pédagogiques, etc. Cependant, le souci de proposer souvent une panoplie importante de séminaires ou de journées de formation, le souci d'offrir un éventail large de thèmes en formation permanente, semble être moins bénéfique qu'une formation organisée en fonction des besoins réels des enseignants et de l'école. Les aspirations d'un individu ne sont pas des données stables, les expériences de vie ou une maturation individuelle peuvent modifier les attentes relatives à la vie professionnelle ou aux besoins personnels de connaissances. Il est donc important de prendre en considération les besoins des enseignants et leurs attentes dans la mise en place de toute formation. A savoir que toute formation qui ne constitue pas une réponse à un besoin ne connaîtra pas d'écho au niveau de la pratique enseignante. Combien d'enseignants participent-ils activement à une session de formation et ensuite continuent à appliquer à leur retour en classe, les méthodes classiques dans leurs pratiques enseignantes ?

*Un défi est posé à la formation initiale des enseignants : aider à la constitution d'une compétence professionnelle qui aiderait à l'émergence d'un sentiment d'appartenance à une identité professionnelle clairement établie. Si cette formation continue enracinée et en continuité avec la formation initiale concerne aussi bien les champs didactiques, pédagogiques et psychologiques ; il n'en demeure pas moins important qu'elle cible le disciplinaire : nous insistons avec Develay (1994) sur l'importance à accorder non seulement à une maîtrise des savoirs disciplinaires à haut niveau, mais à la maîtrise de leur épistémologie et à la découverte des identités disciplinaires. De nombreux pays considèrent que le perfectionnement professionnel des enseignants ne doit pas se limiter à une actualisation de leurs compétences disciplinaires et que l'accent doit être mis sur les*

*apprentissages susceptibles de déboucher sur des améliorations durables, surtout dans les pratiques des écoles (Solar, 2001).*

*Un autre défi semble être primordial dans la formation initiale des enseignants : la prise en compte de la dimension affective en enseignement. Enseigner c'est d'abord établir des relations avec autrui avec tout ce que les relations sous-entendent et induisent de transfert et de contre-transfert, pour reprendre la terminologie de Freud. D'après Ginet<sup>54</sup> un élève peut apprendre par amour ou par identification. L'enseignant serait ainsi une sorte « d'écran transférentiel ». Ce serait donc rendre service aux enseignants, dès le cadre de leur formation initiale, que de les rendre conscients qu'ils auront, à un moment donné, à gérer le transfert, non pas d'un seul élève, comme c'est le cas du psychanalyste mais d'une multitude de transferts, ceux des élèves de toute une classe, au moins. Ce type de formation d'après Ginet donnerait un minimum de recul par rapport au nœud relationnel auquel ils sont parfois confrontés. Et, à partir du moment où les enseignants et les élèves et le système enseignant/élève sont en évolution permanente, la formation continue à la prise en compte de la dimension affective en enseignement devrait assidûment interagir avec la formation initiale.*

*Donc, loin d'être assujettis à un schéma linéaire et simple, les liens existants entre formation initiale et formation continue sont des boucles d'inter-retro-actions incessantes. L'intégration et l'approfondissement des connaissances et des compétences construites au cours des formations continues ne devraient pas constituer des morceaux cloisonnés et disjonctés de la formation initiale. Il s'agit donc de former les enseignants, par la démarche elle-même, au paradigme de la complexité.*

### **Peut-on former les enseignants à la complexité ?**

*Si nous voulons que les élèves puissent intégrer la complexité dans leurs apprentissages, et donc dans la construction de leurs savoirs, ne faudrait-il pas commencer par conscientiser, voire former leurs enseignants à cette complexité ? L'enseignant a pour fonction de mettre en place des situations d'enseignements susceptibles de se transformer en situations d'apprentissage pour les élèves. Or les pédagogies appliquées en classes*

---

<sup>54</sup> Intervention de Dominique Ginet, Actes de l'Université d'été 1999, « Pour mettre enfin l'affect à sa place », paru dans *La dimension affective dans l'apprentissage et la formation*, sous la direction de Georges Chappaz.

*sont souvent construites selon le paradigme linéaire de la simplification, c'est en particulier le cas de la pédagogie par objectifs<sup>55</sup>.*

*La pédagogie par objectifs des années 1970-1975 certes efficace, ne facilite pas la construction de liens entre les différents concepts enseignés. Cette pédagogie cherche au contraire à parcelliser et à décrypter un concept en objectifs et en sous-objectifs. Or avec la prolifération incontrôlable des connaissances de nos jours, il est difficile de pouvoir accorder du sens à tout enseignement, sans raccorder les pièces de ce puzzle morcelé. Pouvoir accorder du sens à un enseignement donné revient à construire des ponts entre les concepts enseignés en classe et la vie courante là où le paradigme de la complexité gère toutes les situations. L'enseignant doit aider l'élève à prendre conscience de l'usage possible du savoir enseigné en dehors de l'école et il doit l'aider à prendre conscience de la manière dont il s'est approprié ce savoir.*

*La formation des enseignants à la complexité consiste à les former à pouvoir tisser des liens entre des concepts artificiellement morcelés et à les initier à l'apprentissage par résolution de problèmes. La vie étant elle-même faite de problèmes à résoudre. Dans ce cas « apprendre serait, à l'occasion d'une tâche à effectuer, se rendre capable d'identifier quelles familles de problèmes sont en jeu et quels programmes de traitement sont à employer pour résoudre ces familles de problèmes »Develay (1994).*

*La résolution d'un problème est une démarche complexe qui suscite l'intégration et la mobilisation d'une multitude de connaissances et de compétences. Et c'est ainsi qu'on arrive à accorder du sens à un enseignement donné. La complexité dans cette démarche est basée, sur au moins trois approches théoriques :*

- *L'approche cognitiviste ou computationniste qui réduit l'activité mentale à une suite d'opérations mathématiques et logiques simples. C'est une démarche analytique. Develay, 1994)*
- *L'approche connexionniste qui assimile les opérations mentales à un état global émergeant à partir de l'inter-rétro-action d'informations partielles combinées et inter-agissantes et non de l'addition linéaire d'opérations simples. C'est une*

---

<sup>55</sup> La pédagogie par objectifs consiste à découper la connaissance (voire le concept ou la notion) en autant d'unités enseignables (objectifs d'apprentissage), le critère de choix étant, avant tout, la possibilité d'acquisition liée à celle d'évaluation. (Johnsua & Dupin, 1993 ; Weil-Barais, 1993).

*approche systémique, holistique, globale et intuitive (les théories de l'insight). (Andler, 1992)*

- *L'approche de l'énaction qui articule action et pensée, conscience et expérience. Les facultés cognitives étant liées à l'histoire de ce qui est vécu. C'est une approche phénoménologiste<sup>56</sup>. (Varela, 1989b)*

*La formation des enseignants à la complexité est la mise en place d'un processus de formation susceptible d'aider les enseignants à s'appropriier ces différentes approches et à les aider à se percevoir comme un élément d'un système éducatif et non comme acteurs isolés. « La formation continue des personnels de l'éducation se développe, s'amplifie et se complexifie. Au développement professionnel individuel, dicté par des besoins personnels et des politiques éducatives centralisées, s'ajoute désormais une formation continue collective, dictée par des besoins organisationnels définis par la base. L'un s'inscrit dans l'autre dans une perspective sociétale. La dimension collective de la formation continue constitue l'enjeu majeur de la formation continue contemporaine, car elle exige des enseignantes et des enseignants qu'ils se perçoivent comme un élément du système : le défi porte sur la transformation d'une perspective individualiste en une perspective collectiviste » (Solar, 2001). Si l'acte d'apprendre (pour les apprenants) est créer des ponts cognitifs entre des éléments de savoirs isolés, l'acte d'enseigner (pour les enseignants) c'est être conscient et formé pour mettre en place des situations d'apprentissages susceptibles d'aider les élèves à relier les connaissances entre elles. L'apprentissage réussi (et en amont l'enseignement réussi) est celui qui établit des ponts avec d'autres éléments de savoirs construits antérieurement. Apprendre (et en amont enseigner) c'est relier et non isoler (intelligere, à l'origine du mot intelligence consiste à lier entre), c'est donc accéder à une culture qui traduit la cohérence de ces liens, c'est donc accéder à la complexité. Or, cette complexité (aussi bien dans l'acte d'apprendre que celui d'enseigner) reste incomplète si elle s'accomplit indépendamment d'une dimension qui constitue le moteur (ou parfois l'inhibiteur) de tout acte : la dimension affective.*

## **La dimension affective en éducation**

---

<sup>56</sup> Phénoménologie : ensemble théorique se qualifiant de façon diverses : expérientielle, existentielle, ontologique, métaphysique...c'est une connaissance de la connaissance...c'est une doctrine concernant les rapports de la conscience et du réel. D'après Catherine Meyor (2002).

L'approche cognitive a tellement investi en un système clair et précis d'objets de perception et de conception limitée à la tâche scolaire qu'elle semble oublier l'important fond de l'expérience et du monde vécu : celui de l'affectif. Deux conditions au moins doivent être assurées pour qu'un apprentissage puisse avoir lieu : la liberté intellectuelle et la sécurité affective (Barth, 1993). Si nous interrogeons la dimension affective en éducation c'est que nous partons de l'hypothèse que la plupart des enseignants et notamment les futurs enseignants considèrent que l'émotion et la cognition sont deux émergences complètement indépendantes, comme le démontrent: *« les enseignants qui arrivent en formation initiale ou continue possèdent des représentations profondément ancrées en ce qui concerne le métier d'enseignant, et ce que doivent faire les élèves. Pour les jeunes futurs enseignants, ces représentations se sont constituées durant le temps où ils ont été eux-mêmes élèves et parmi ces représentations, il y en a une qui fait apparemment plus obstacle que les autres ; c'est l'idée que l'émotion et la cognition n'auraient rien à voir entre elles ! »* (Favre, 2000 a). Poussé à l'extrême, ce type de conception peut constituer un obstacle aussi bien au niveau de la construction des savoirs par les élèves (apprentissage) qu'au niveau de l'enseignement assuré par l'enseignant, car la dimension affective est le moteur sous-jacent à toute relation, notamment à la relation pédagogique et éducative. Autrement dit, nous pensons que même si l'affectif et le rationnel sont tous les deux des émergences cérébrales, l'expérience de l'affectif a sa propre expérience et sa propre place en éducation. *« Ainsi, de même que la culture intellectuelle est dédiée à la formation de l'intelligence et ceci en tablant sur l'acquisition d'un certain nombre de savoirs, nous pensons que la considération éducative de l'affectivité possède sa propre spécificité. C'est dire déjà que nous lui reconnaissons un type particulier d'expérience et un « objet » qui la distingue du rationnel »* (Meyor 2002, p.3). Mais qu'est-ce que l'affectivité ? Cette question nous place dans l'embarras lorsque nous prenons connaissance de l'extension sémantique que le concept lui-même recouvre et de la variété des termes mentionnés en éducation : l'émotion, la motivation, l'affect, le désir, le besoin, l'attitude, la dépendance, la valeur, l'intérêt, le transfert, la projection, l'anxiété, le blocage, la confiance en soi, la peur, la disposition, les renforcements, l'attente etc. Il serait donc intéressant de questionner cette « affectivité », voire son interférence avec les changements conceptuels, avec les liens interhumains, son rôle dans l'émergence de « sens » et sa complexité.

**Les changements conceptuels « chauds » et « froids » :**

Les recherches en didactique des sciences ont montré que les conceptions primaires des élèves influencent tous les processus d'apprentissage ultérieurs, depuis la perception des signes de l'environnement des élèves, à la sélection de ces signes, à la recherche de l'information et sa compréhension, à la réflexion et même jusqu'à la manière avec laquelle les élèves résolvent des problèmes (Alexander & Judy, 1988 ; Alexander, Shallert & Hare, 1991 ; Pintrich, Cross, Kosma & McKeachie, 1986 ; Winne & Marx, 1989). Or souvent, même quand les élèves se construisent de nouvelles connaissances, ils n'arrivent pas à les mobiliser dans des tâches, quand ils sont livrés à eux-mêmes, dans un cadre non-scolaire. Cet échec au niveau du transfert des connaissances pourrait être dû à des facteurs purement cognitifs mais il semble que la motivation, le contexte et les facteurs psychoaffectifs jouent aussi un rôle très important (Garner, 1990). Les modèles d'enseignement focalisés uniquement sur la cognition tendent à éviter les constructions internes comme les objectifs personnels, les intentions, les attentes et les besoins (Searle, 1992). Or ces constructions internes sont souvent à la base de l'implication de l'élève en classe et la source de sa motivation. De toutes façons, rares sont les recherches qui étudient le lien entre motivation et cognition (Winne & Marx, 1989). Pintrich, Marx & Boyle (1993) définissent trois attitudes révélatrices de motivation : le choix de la tâche, le niveau d'engagement personnel et la volonté de réalisation. Selon ces auteurs, le modèle constructiviste du changement conceptuel est basé sur des processus personnels de motivation, sur des facteurs épistémologiques et sociaux et il défend un modèle de **changement conceptuel chaud** (*hot model of conceptual change*). Selon ce modèle, les conceptions des élèves ne sauraient évoluer en intégrant de nouvelles connaissances que si l'on prend en considération les expériences, les attentes, les facteurs psychoaffectifs et les croyances des élèves, dans notre enseignement. Il est évident que la motivation, la charge affective, l'estime de soi, la confiance en soi-même, l'efficacité dans le travail et les objectifs qu'un élève se fixe pour apprendre influencent énormément son engagement cognitif dans une tâche académique. Ce modèle est évoqué par opposition au modèle de **changement conceptuel froid** (*cold model of conceptual change*) basé uniquement sur le rationnel. Selon ce modèle, l'élève se construit ses connaissances dans un milieu favorable à l'apprentissage mais de façon isolée, presque de manière behavioriste. L'idée est qu'il est toujours possible de faire apprendre quelque chose, même quand c'est complexe, indépendamment de la relation « enseignant-élève » ou même « élève-élève ». Il existe certainement des élèves qui peuvent fonctionner selon ce modèle, mais nous pensons que l'éducation est d'abord un exemple de liens interhumains.

## Les liens interhumains dans l'opération éducative

Aborder la problématique de l'affectif en éducation, c'est poser la question du lien interhumain. Toute intervention éducative et tout apprentissage par enseignement<sup>57</sup> impliquent au moins deux acteurs de l'opération éducative : l'élève et son enseignant. L'enseignement, et on ne le voit ni ne l'affirme assez, est un métier de relation : il n'y a pas d'enseignement sans relation, tout comme le soin psychique ou somatique<sup>58</sup>, tout comme beaucoup d'activités humaines (Ginet 2000). La formation et l'apprentissage scolaire ne devraient pas être pensés seulement en termes de transmission, de réception ou même de construction de savoir, mais aussi en termes de développements intellectuels, cognitifs et surtout affectifs, subjectif et une transformation de soi. (Rochex, 1998). Le métier d'enseignant est d'abord un contact avec les autres. Clerc (1996) fait remarquer que dans les fiches pédagogiques remplies par les étudiants<sup>59</sup> de 1992-1993, deux motifs de choix pour la profession d'enseignant apparaissent largement dominants : le goût pour une discipline d'enseignement (65 fois sur 68 réponses) et la recherche de contacts avec les jeunes (62 fois sur 68 réponses).

Qu'elles aient lieu à titre privé ou collectif, la rencontre et la communication avec l'élève ne devraient pas nous faire oublier qu'ils sont, avant tout, des êtres sociaux, porteurs d'une histoire personnelle et surtout porteurs d'une culture. L'enseignement devrait donc tenir compte des liens intersociaux. (Gobry, 1999). Si la connaissance est l'aboutissement de l'activité constructive du sujet, ce sujet n'existe, ni ne peut se développer en dehors de la vie sociale (Wallon, 1942) Hurtig & Rondal (1981) citent Wallon dans *Introduction à la psychologie de l'enfant (Tome 1, p.46)*: « Wallon attribue une importance fondamentale aux milieux sociaux avec lesquels l'enfant est en prise directe. On ne peut réduire le milieu aux seules relations interindividuelles ou le définir comme un ensemble d'institutions et il doit être conçu corrélativement à l'action du sujet. C'est dans les échanges actifs entre l'individu et le milieu que se situe, sinon le moteur, du moins la clef de l'explication du développement ». L'accompagnement socioconstructiviste renvoie au soutien psychologique et cognitif des élèves en situation d'apprentissage afin qu'ils

---

<sup>57</sup> Nous considérons que l'apprentissage est la construction du savoir ou des types de stratégies et de connaissances mobilisées par l'élève pour résoudre un problème. La dérive de l'apprentissage bascule dans le behaviorisme. Nous considérons que l'enseignement est la mise en place par l'enseignant d'une stratégie pédagogique qui facilite cet apprentissage, la dérive étant le cognitivisme extrémiste.

<sup>58</sup> *Il ne s'agit point de comparer l'élève à un patient (dans la dimension pathologique de ce dernier) mais c'est le type de relation interhumain constructiviste qui nous intéresse.*

<sup>59</sup> Etudiants de CAPES en France, 1992 -1993. Nombre total de questionnaires : 149.

puissent cheminer dans la construction de leurs connaissances. Il s'agit donc de renforcer ces liens interhumains pour activer les connaissances antérieures des élèves et les aider à établir des liens avec de nouvelles connaissances.

L'évocation des liens interhumains dans l'opération éducative ne devrait pas nous faire oublier les risques de dérives si les limites de ces liens ne sont pas prises en considération. L'enseignant aurait à mesurer la distance qui le rapproche de ses élèves, sur les plans affectifs et cognitifs, pour éviter des formes de dépendances psychologiques. Martinez (1989) cite Lev S. Vygotski, « *Le pédagogue ne peut se contenter d'attendre que la fonction soit venue à maturité chez l'enfant, son action devra être volontariste et devancer la maturation. Il ne s'agit pas non plus de forcer cette maturation, mais de trouver le moment propice. (...) Vygotski détermine expérimentalement une zone optimale qui permet une plus grande sensibilité à l'apprentissage. (...) Cette zone est située entre le niveau de résolution des problèmes avec l'aide de l'adulte et le niveau de développement sans cette collaboration. C'est entre ces deux seuils que se mesure l'aptitude à apprendre* », d'où la complexité dans la prise en compte de l'affectivité en éducation : la complexité du rapport dialectique entre ce qui relève du développement cognitif et ce qui relève du développement subjectif ; c'est qu'il s'agit d'une sorte de discordance entre deux composantes d'une même unité. « *L'expression (dimension affective) des apprentissages est à la fois floue parce qu'elle est vaste, mais en conséquence elle est porteuse d'énigme et de complexité* » Ginet (2000). Mais sans cette complexité, les élèves ne sauraient accorder du **sens** à leurs apprentissages qui resteraient morcelés et artificiels par rapport aux situations qu'ils auront à affronter dans le monde « réel ».

### **De l'affectivité en éducation à la construction de « sens » :**

Les enseignants et les élèves sont en quête de sens : Les enseignants cherchent le sens du métier et les élèves cherchent le sens de ce qu'on leur enseigne. La question de sens ne saurait avoir toute sa plénitude, si l'on exclut de l'opération éducative la dimension affective et donc le développement de la personne. « *L'apprentissage significatif est celui qui donne un sens à ce que l'élève ou l'étudiant fait et réalise ; quant à l'enseignement significatif, sa qualité première est de nourrir l'éducateur sur le plan du développement de la personne, par quoi C.R. Rogers (1973) entend une prise en considération de la personnalité aussi bien de l'enseignant que celle des élèves* ».Meyor (2002).

Or, aussi bien les enseignants que leurs élèves ne sont pas des êtres épistémiques isolés, ils font partie intégrante d'une société, avec tout ce que cela suppose d'échanges psychoaffectifs. Il est souvent difficile pour certains élèves (par exemple les élèves démunis socialement) d'accorder du sens à la culture scolaire et à ses contenus. *« Leur rapport aux études et au travail intellectuel ne saurait dès lors être que d'ordre instrumental (...) Leur expérience scolaire serait ainsi faite d'un divorce entre, d'une part, des activités et des exigences perçues comme purement formelles (...) et d'autre part, une vie et une sociabilité juvéniles où la circulation d'affects qui régit et qui légitime les rapports entre pairs ou au sein de la famille est essentiellement de l'ordre du narcissisme et de l'imaginaire et ne requiert guère ni transformation ni élaboration de soi »* (Rochex, 1998, p.194,195). Ces élèves ont souvent du mal à s'intégrer dans le système scolaire, notamment si celui-ci fonctionne indépendamment de toute considération psychoaffective.

Quand on essaie de comprendre les conceptions que se font les enseignants de leur métier, on ne tarde pas à se rendre compte que nombreux sont les enseignants qui confondent entre la discipline et son enseignement. Un étudiant d'histoire-géographie a dit au cours d'un stage de formation : *« je viens de me rendre compte de quelque chose de terrible, si je réussis le CAPES, je ne vais pas faire de l'histoire, mais je vais enseigner l'histoire »*. Cette confusion entraîne une première désillusion qui sera suivie parfois par une autre : l'hyper-motivation de certains enseignants, confrontée à la non-motivation de certains élèves crée un champ de tension et parfois de l'incompréhension de la part des enseignants. Ceci risque de créer un sentiment de rejet et d'amertume. Ces enseignants remettent en question dès lors, **le sens** de leur métier et tentent parfois de redéfinir le métier d'enseignant. Clerc (1996) classe les réponses de ses étudiants de CAPES autour de deux thèmes : *« Enseigner c'est transmettre un savoir, donner le goût d'une discipline »* et *« Enseigner c'est communiquer une culture, échanger, dialoguer, rendre autonome, socialiser, éduquer, épanouir, développer »*. Il s'en dégage une idée claire, celle du lien étroit existant entre l'attribution du sens au métier d'enseignant et la prise en compte de sa dimension affective. Mais la gestion de l'affect est à son tour assujettie à une éducation, pour éviter des dérives et des dépendances d'ordre psychologique et même cognitif.

### **De l'affectivité en éducation à l'éducation de l'affectivité :**

*L'éducation de la dimension psychoaffective de l'élève fait partie intégrante de la tâche éducative, sans que cela ne signifie que l'enseignant se transforme en psychanalyste.* « Rendons-nous bien compte de ce qu'est la première tâche de l'éducation.

L'enfant doit apprendre à maîtriser ses pulsions. Lui donner la liberté de suivre, sans restriction, toutes ses impulsions, est impossible (...) L'éducation doit donc chercher entre le Scylla du laisser-faire et le Charybde<sup>60</sup> de la frustration » (Freud, 1917, pp.199-200). *Les situations auxquelles l'enseignant doit faire face en classe nécessitent souvent des outils théoriques tirés des théories psychanalytiques : élèves en difficultés scolaires, rapport enseignant-enseigné, transfert, troubles de la conduite, projections, processus de sublimation, démotivation, agressivité, etc. L'enseignant, de son côté, ne saurait gérer la relation « enseignant-élève », s'il n'arrive pas à gérer sa propre affectivité. L'éducateur pour S. Freud est celui qui, idéalement, a lui-même été éduqué par la psychanalyse. Il s'agit donc d'un éducateur qui possède le bagage nécessaire pour bien saisir et faire face à la réalité affective dans laquelle est plongée sa classe entière, y compris lui-même (Meyor C., 2002).*

*L'éducation de l'affectivité pour mieux gérer ses émotions et ses comportements est aussi importante pour les élèves que pour leurs enseignants. L'enseignement significatif est celui qui favorise un développement de la personne, par quoi Rogers entend une prise en considération de la personnalité aussi bien de l'enseignant que de celle des élèves. La fonction de l'éducation est d'abord le devenir de chaque être « L'étudiant peut exprimer son être autant que développer son potentiel : la possibilité d'approfondir ses intérêts, d'exprimer ses positions et ses problèmes, de choisir ses ressources, de s'adresser à l'éducateur en fonction de ses besoins, de considérer aussi le résultat de ses choix, tout cela joue en faveur du développement de la personne tel que l'a conçu la psychologie existentielle-humaniste » (Meyor, 2002, p.161). Il s'agit donc d'éduquer son affectivité ou du moins d'en prendre conscience autant que possible pour éviter des dérives comportementales et interprétatives. Il suffit par exemple d'analyser le rapport que certains enseignants entretiennent avec le concept de « l'erreur » pour estimer l'importance du statut de « l'enseignant qui se connaît » et qui arrive à gérer ses comportements : pour certains enseignants, l'erreur est synonyme de « faute grave » et donc l'occasion de se défouler et de juger, alors que pour d'autres l'erreur est une occasion de remédiation ; n'est-il pas important de connaître les conceptions, parfois les blocages qui nous poussent à avoir telle ou telle attitude, surtout que « l'efficacité de l'espace réservé à l'apprentissage va dépendre de la relation affective que l'apprenant va entretenir avec ses erreurs et, par conséquent, avec ses savoirs » (Favre, 2004)*

---

<sup>60</sup> to be between Scylla and Charybdis : être tiraillé entre deux maux.

## L'épistémologie de l'erreur

*Le constructivisme a pénétré le domaine de l'éducation au moment où l'on a commencé à s'interroger sur l'efficacité des modèles d'enseignement traditionnels en ce qui concerne la motivation des élèves et le développement des connaissances transférables. Ce qui, en un mot, différencie ce modèle des précédents, c'est le nouveau statut de l'erreur qu'on peut y lire. Celle-ci n'est plus considérée comme une déficience de la part de l'élève, ni même comme un défaut du programme. Elle est reconnue comme devant être mise au cœur du processus d'apprentissage. Loin de sanctionner ces erreurs, loin de les éviter, leur expression est ici recherchée car elles expriment ce sur quoi portera l'essentiel du travail didactique à accomplir. « Vos erreurs m'intéressent », disent les adeptes de cette pédagogie comme J.P. Astolfi (1997, p.15). Les erreurs sont intéressantes dans la mesure où elles constituent l'échafaudage nécessaire pour la construction des connaissances. L'erreur n'est pas toujours l'effet d'une méconnaissance, elle est parfois dépendante d'une situation donnée ou l'effet d'une connaissance antérieure qui était satisfaisante mais qui ne l'est plus. **Peut-on interdire aux élèves un droit accordé aux scientifiques et aux chercheurs eux-mêmes ?** L'histoire des sciences est une longue succession d'erreurs. Ces erreurs sont des conceptions, qui, à un moment donné, sont jugées conformes à la réalité. Vient un moment où telle conception est en échec et est relayée par une autre. L'élève aussi doit connaître ses qualités et ce qui fait obstacle à son apprentissage (Delorme, 1987). Lorsque nous interrogeons le statut de l'erreur en éducation, nous nous plaçons, comme le dit Favre (2004), dans une logique de régulation et non dans une logique de contrôle. Parce que, selon l'auteur, la logique de contrôle est indispensable pour sélectionner des individus possédant certaines compétences (et s'éloignent donc le moins possible d'une norme déterminée, autrement dit ils font le minimum d'erreur possible). Selon cette logique, il faut essayer autant que possible d'empêcher les gens de faire des erreurs et **d'errer à la recherche d'une connaissance**, « l'erreur sert ici à éliminer les individus, à faire du tri social ». Par contre, selon la logique de régulation, l'erreur, conséquence incontournable d'une période d'apprentissage constitue une information précieuse pour réguler cet apprentissage. Il est indispensable de la prendre en compte pour franchir des difficultés et progresser vers l'acquisition des compétences attendues (l'erreur est ainsi recherchée). Cette conception du statut de l'erreur dans l'apprentissage la placerait au cœur des pédagogies constructivistes et de la logique de l'évaluation formative.*

## La prise en compte de la dimension affective au niveau du rôle de l'erreur dans l'évaluation formative<sup>61</sup>

L'enseignant ne saurait passer de la pédagogie de la « faute » (associée à la culpabilité, au mal et à la dévalorisation de l'estime de soi, à une pédagogie de « l'erreur » (associée à la réflexion, à l'information, à l'approche différenciée, à la reconstruction et à la valorisation de l'estime de soi), s'il ne situe pas son analyse dans **la sphère affective de l'apprentissage**. Nous entendons par sphère affective de l'apprentissage toute la dimension psychoaffective qui conditionne la relation « enseignant-élève-apprentissage », dans un milieu donné, en l'occurrence la classe. Le rapport à l'erreur est directement lié aux structures psychoaffectives des enseignants et de leurs élèves, surtout que *« les uns et les autres ne pensent pas avec le même cadre de référence, n'emploient pas la même logique, n'usent pas des mêmes concepts »* (Astolfi, 1997, p.36). Si pour certains enseignants l'erreur est un outil de remédiations des concepts non acquis par les élèves, ces derniers assimilent souvent l'erreur à une incompétence, à un échec et à une image négative d'eux-mêmes ; la logique des élèves vis à vis de l'erreur n'est pas exempte de valeur (celles des enseignants non plus). *« La relation à l'erreur s'articule et se renforce avec des valeurs, elle induit un rapport au savoir et un rapport à l'autre qui, ensemble et de manière complexe, engagent la personne dans ses dimensions cognitive, affective, sociale et axiologique »* (Favre, 2004). Entrant en classe, un enfant devient élève soumis à des règles et des lois. Il se sent parfois *« en danger »* dans ce lieu où il va essayer de ne pas se tromper pour être valorisé et l'erreur devient alors une source d'angoisse et de stress au lieu d'être le principal vecteur de communication entre l'enseignant et l'élève dans le cadre d'une évaluation formative.

L'erreur dans l'évaluation formative est assimilable à un *feed-back* dont on peut difficilement se passer pour progresser dans un apprentissage. Or nos traditions culturelles et éducatives ont véhiculé une représentation de l'erreur largement associée à la notion morale de faute, d'échec personnel et d'incompétence. (Favre, 1995). **L'élève qui n'a pas su répondre à une question, dans un contexte bien déterminé, parce que la réponse qu'il propose ne correspond pas aux attentes de son enseignant, devient l'élève qui ne sait pas tout court.** Cette image de l'erreur devient un frein dans l'apprentissage pour

---

<sup>61</sup> L'évaluation formative a pour but de renseigner l'enseignant et l'élève sur les acquisitions réalisées et s'appuie sur les analyses des erreurs, par opposition à l'évaluation sommative qui a une visée de contrôle de niveau, de certification de compétences et de classement par rapport à un groupe ou à des normes.

beaucoup d'élèves. Toute évaluation permet d'estimer l'écart entre la performance attendue et la performance produite, mais le but visé dans l'évaluation formative est d'analyser les erreurs pour réduire cet écart ce qui améliore la performance. L'analyse des erreurs qui est un processus intrinsèque à l'apprentissage permet aussi bien à l'élève qu'à l'enseignant d'évaluer les pratiques et les transformations dans le cadre du contrat didactique établi. L'erreur devient ainsi l'élément recherché (au lieu qu'elle ne représente « *la honte* » à cacher ou à refouler) de par son rôle dans un apprentissage constructiviste.

### **Statut de l'erreur dans une pédagogie constructiviste**

L'évaluation rentre dans un système d'éducation complexe, selon une approche constructiviste où l'élève n'a pas seulement « droit à l'erreur », mais il a surtout droit à l'exploitation et à l'analyse de cette erreur qui constitue la pierre angulaire de son apprentissage. Cette pédagogie s'oppose au béhaviorisme où l'erreur n'est due qu'à un disfonctionnement du système automatique (stimulus → réponse). Dans ce cas l'analyse des erreurs est secondaire, puisque selon cette pédagogie, on s'intéresse peu à ce qui se passe dans la « boîte noire ». Et cela se traduit de plusieurs façons convergentes. Astolfi (1997) évoque le « *syndrome de l'encre rouge* » : les enseignants n'hésitent pas à souligner de façon « réflexe » les erreurs sur les copies des élèves, avant même de savoir si cela aurait quelque utilité en termes didactiques. « *Contrairement aux modèles transmissifs, les modèles constructivistes de l'apprentissage s'efforcent de prendre en considération les erreurs des élèves, de les utiliser comme des symptômes intéressants d'obstacles dont l'enseignant doit faciliter le franchissement* » (Favre, 2004). Du point de vue constructiviste, l'erreur est donc perçue comme un obstacle à franchir et non comme une « condamnation ». Or, souvent les obstacles d'apprentissage sont d'abord internes, inhérents à la pensée elle-même. On ne peut donc rêver d'un apprentissage sans obstacle, ajoute Fabre (1995).

## **Conclusion**

*Les cinq axes de notre cadre théorique : le constructivisme, la formation des enseignants, la dimension affective en éducation et l'épistémologie, semblent à première vue autonomes et déliés les uns des autres. On pourrait penser qu'il s'agit d'un étalage de concepts didactiques morcelés, cloisonnés, alors que nous tentons, dans le cadre de cette*

*étude de réduire le morcellement des connaissances. Ce qui semble être paradoxal ! Or, une lecture systémique de ces axes permet de raccorder les pièces, selon le paradigme de la complexité qui est la colonne vertébrale de cette étude. Autrement dit, pour pallier le problème du morcellement des connaissances, nous avons expérimenté une méthodologie assujettie à la complexité et établissant des liens entre ces quatre axes. Notre hypothèse est, que la remédiation (et donc pour aider les enseignants et les élèves à mobiliser des liens entre les concepts enseignés) ne saurait être conçue selon le paradigme linéaire de la simplification. Il s'agit donc d'articuler ces différents éléments que nous jugeons pertinents à notre projet, à la manière d'un « îlot de rationalité », tel qu'il a été défini par Fourez (1997, p. 221) : « c'est la représentation qu'on se donne d'une situation précise, représentation qui implique toujours un contexte et un projet qui lui donnent sens ».*

## CHAPITRE III

### MATÉRIEL ET MÉTHODE

*« Mieux vaut commettre une erreur avec toute la force de son être que d'éviter soigneusement les erreurs avec un esprit tremblant »  
(Dan Millman)*

*L'interaction entre les conceptions scientifiques, ce qu'on appelle « les savoirs », se manifeste aussi bien entre disciplines différentes (interdisciplinarité) qu'entre les concepts scientifiques au sein de la même discipline (intradisciplinarité), en l'occurrence en physiologie. Ces conceptions scientifiques sont aussi en interaction avec les conceptions psycho-socio-environnementales d'une époque et d'une région.*

Pour étudier cette complexité à partir des contenus enseignés préconisés par les programmes français, au Liban (en particulier les liens existant entre le système nerveux, le système digestif, le système respiratoire, le système circulatoire et le système excréteur) face au cloisonnement intradisciplinaire, les paramètres de mesure suivants sont à prendre en considération :

- 1- L'analyse des conceptions des élèves concernant leur capacité à relier les connaissances en physiologie. (Objectif opérationnel N°1).
- 2- L'analyse des conceptions de leurs enseignants concernant le morcellement des connaissances en physiologie. (Objectif opérationnel N°2).
- 3- La mise en place d'une session de formation des enseignants (Objectif opérationnel N°3).
- 4- L'analyse de l'effet de la session de formation des enseignants sur les productions des élèves. (Objectif opérationnel N°4).
- 5- L'analyse de l'effet de la session de formation sur les conceptions des enseignants. (Objectif opérationnel N°5).
- 6- L'analyse du curriculum français, en termes de contenu et de compétences à développer chez les élèves, afin d'évaluer dans quelle mesure ce curriculum préconise la construction de liens entre les concepts enseignés, en physiologie.
- 7- Le recueil des représentations des concepteurs des programmes et des manuels scolaires, afin d'analyser la fidélité de la transposition didactique.
- 8- L'influence éventuelle des facteurs psycho-socio-environnementaux, sur le morcellement des connaissances.

Or dans le cadre de cette recherche<sup>62</sup> et vu le temps préconisé pour ce travail, nous avons fait le choix délibéré de nous limiter à l'étude détaillée des cinq premiers points, afin d'atteindre les cinq objectifs opérationnels<sup>63</sup> que nous nous sommes fixés et de survoler (sans détails) les trois derniers. La méthodologie de recherche appliquée a été la suivante :

---

<sup>62</sup> Travail fait au Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Education et Formation, (LIRDEF), composante : didactique et spécialisation. Montpellier II.

<sup>63</sup> Nous désignons par « *objectif opérationnel* » un objectif qui décrit un comportement observable, un produit attendu, les conditions dans lesquelles se réalisera ce comportement et les critères permettant de décider si la performance est suffisante (d'après Viviane et Gilbert De Landsheere, 1976).

**Objectif opérationnel N° 1 (2001-2002) : Analyser les conceptions des élèves concernant leur capacité à relier les connaissances en physiologie**

*L'étude de cet état des lieux a pour objectif principal l'identification des conceptions des élèves concernant leur capacité à relier des concepts entre le système nerveux, le système digestif, le système respiratoire et le système circulatoire. Le but étant aussi de comparer les résultats obtenus au niveau de l'échantillon libanais avec ceux de l'échantillon français (étude que nous avons faite dans le cadre du DEA<sup>64</sup>, en 2000-2001, en France).*

**Population**

*L'échantillon testé est constitué de dix classes à raison de 30 élèves par classe en moyenne, soit 300 élèves de cinq établissements scolaires libanais qui appliquent le programme français et le programme libanais, et qui utilisent en biologie des manuels français uniquement (Sciences de la vie et de la terre, Bordas) ; dans les classes qui intéressent notre étude : la Cinquième et la Seconde. La population concernée dans l'objectif opérationnel N°1 est présentée dans le tableau suivant :*

|                                   |             |                |             |                |             |                |             |                |             |                |
|-----------------------------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|----------------|
| <i>Ecole</i>                      | <i>E1</i>   | <i>E1</i>      | <i>E2</i>   | <i>E2</i>      | <i>E3</i>   | <i>E3</i>      | <i>E4</i>   | <i>E4</i>      | <i>E5</i>   | <i>E5</i>      |
| <i>Classe concernée</i>           | <i>5ème</i> | <i>Seconde</i> |
| <i>Nombre d'élèves par classe</i> | 28          | 30             | 32          | 30             | 33          | 27             | 30          | 29             | 31          | 30             |

**Tableau 0-1 : Description de l'échantillon utilisé pour analyser les conceptions des élèves concernant leur capacité à relier les connaissances en physiologie.**

*Nous avons choisi ces niveaux d'étude parce que ce sont les deux niveaux où l'enseignement des liens entre les systèmes physiologiques est prévu par le curriculum officiel, et parce que ces classes-là constituent le début d'un cycle scolaire<sup>65</sup>. Dans tous les établissements scolaires choisis, les sciences sont enseignées en langue française et le*

<sup>64</sup> *L'enseignement de la physiologie entre simplification et complexité : la construction des liens par les élèves de cinquième, seconde & première S, entre le système respiratoire, le système digestif, le système excréteur, le système circulatoire et le système nerveux. (El Hage, 2001).*

<sup>65</sup> *Au Liban et depuis la réforme des programmes en 1997, La classe de Cinquième (EB7) est considérée comme étant la première classe du cycle complémentaire et la classe de Seconde (S1) la première classe du cycle secondaire, même dans les Ecoles qui préparent le programme français.*

*programme français est appliqué. Il s'agit d'établissements privés du Grand Beyrouth dont les élèves sont issus d'un milieu socio-économique plutôt favorisé.*

### **Instruments de mesure<sup>66</sup>**

Deux questionnaires<sup>67</sup> (voir annexe A1) ont servi à cette étude :

- questionnaire N°1 : ce questionnaire est constitué de trois situations-problèmes concernant les liens analysés entre les systèmes physiologiques. Il s'agit de trois questions ouvertes présentant une situation concrète. Il est demandé à l'élève d'y répondre sous la forme d'un schéma annoté. Le type de schéma attendu (figuratif, conceptuel ou autres) n'est pas précisé, le choix est laissé libre à l'élève.

- questionnaire N°2 : ce questionnaire est constitué de quatre parties constituées chacune de 27 questions fermées<sup>68</sup>. Les quatre parties concernent respectivement les liens construits avec le système digestif, le système respiratoire, le système circulatoire et le système nerveux.

L'objectif de la variabilité dans les types de questions choisies (questions ouvertes et questions fermées) est d'analyser l'impact de la formulation de la question sur les conceptions mobilisées par les élèves.

### **La construction des situations-problèmes du questionnaire N°1**

*La première situation-problème proposée reprend l'objectif qui a été analysé par Clément (1991) au cours de sa recherche « Sur la persistance d'une conception : la tuyauterie continue digestion-excrétion ». L'analyse des réponses obtenues à cette question permet de savoir si les élèves arrivent à mobiliser des liens entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur. Autrement dit, cette question peut mettre en évidence si, pour les élèves, les matières nutritives de l'eau passent directement du tube digestif à l'appareil excréteur « tuyauterie continue » ou si, pour eux, il y a absorption intestinale. Cette question permet donc d'identifier cet obstacle épistémologique et didactique et de*

---

<sup>66</sup> Tous les questionnaires utilisés dans le cadre de cette recherche ont été testés au préalable par un échantillon de 15 élèves par niveau. Les questionnaires ont été révisés et remaniés à la lumière de l'analyse des questions des élèves et de l'expérience vécue afin de réduire au maximum une ambiguïté éventuelle au niveau de la formulation des questions.

<sup>67</sup> L'objectif de chacune des questions proposées est détaillé dans la partie « Résultats ».

<sup>68</sup> Dans le questionnaire N°2, chaque question fermée était aussi accompagnée d'une question ouverte du type : « justifiez votre choix », mais aucun élève n'a justifié ses réponses. Pour cette raison, nous avons négligé cette partie dans notre dépouillement.

*situer les conceptions de l'échantillon d'élèves en 2001-2002, par rapport à celui de 1991.*

- *La deuxième situation-problème proposée permet, à partir de l'analyse des schémas obtenus, de savoir si les élèves arrivent à mobiliser des liens entre l'oxygène inspiré au cours de la respiration et l'oxygène utilisé au cours des phénomènes d'oxydations cellulaires, s'ils font donc le lien entre la respiration et les échanges gazeux cellulaires. Il s'agit, aussi d'identifier les réponses révélant certaines difficultés éventuelles (l'obstacle de la « tuyauterie continue respiratoire », par exemple). C'est pratiquement le même obstacle épistémologique générateur d'un manque de liens entre différents systèmes biologiques.*

- La troisième situation-problème proposée permet, à partir de l'analyse des schémas obtenus, de comprendre comment les élèves arrivent à mobiliser des liens entre le sentiment de peur, le système nerveux, les viscères et les autres systèmes physiologiques du corps.

### **Le mode d'analyse des réponses obtenues aux situations-problèmes**

La méthode de dépouillement et d'analyse des réponses obtenues aux situations-problèmes a été la suivante :

- Les schémas obtenus ont été regroupés par situation (exemple : tous les schémas de toutes les copies concernant la situation-problème N°1 ont été regroupés ensemble).
- Ces schémas ont été par la suite regroupés en catégories (exemple : tous les schémas qui représentent « bouche-estomac-urine » ou « bouche-intestin-vessie-urine » forment un groupe et les schémas qui s'arrêtent à l'estomac en forment un autre).
- Chacune des catégories obtenues correspond à une « conception » quelconque mobilisée par les élèves (exemple : la conception de la **tuyauterie digestive continue** qui correspond à la catégorie « bouche-estomac-urine » ou la conception de **l'estomac-sac** qui correspond à la catégorie « schémas s'arrêtant à l'estomac »). Pour définir les conceptions correspondant aux catégories identifiées, nous nous sommes souvent basé sur des obstacles d'apprentissage identifiés par d'autres chercheurs (exemple : tuyauterie digestive continue, identifiée par plusieurs

chercheurs en didactique des sciences. Nous citons Clément (depuis 1991), Saber (2000-2001)<sup>69</sup> etc.

- Le travail de catégorisation et la correspondance avec une conception donnée ont été aussi effectués par deux collègues spécialistes en biologie pour une trentaine de copies. Le but était de comparer leur point de vue avec le nôtre, pour que le regroupement en catégories soit objectif.

### **La construction des questions fermées du questionnaire N°2**

Les 27 questions proposées dans chacune des quatre parties (soit 108 questions par questionnaire) ont pour but d'analyser les différents liens que les élèves sont capables de mobiliser entre le système nerveux, le système circulatoire, le système digestif et le système respiratoire. Ces questions demandaient à la suite d'un « oui », d'un « non » ou d'un « je ne sais pas », et pour chaque item, une justification du choix fait par l'élève. Mais, à la suite du dépouillement des questionnaires, l'absence totale de toute justification nous amène à les qualifier de « questions fermées ». La redondance des questions est voulue, l'objectif étant d'analyser l'impact de l'inversion des questions sur les productions obtenues et d'essayer de nous assurer, dans le cadre du possible, que l'absence éventuelle de liens identifiés, n'est pas due à la formulation de la question mais à un vrai « morcellement des connaissances », si morcellement existe.

Les réponses aux deux questionnaires feront l'objet d'analyse et de traitement. En effet, les liens entre les différents systèmes physiologiques peuvent être analysés à deux niveaux : les « liens construits » pour désigner les connaissances des élèves concernant les liens entre les systèmes physiologiques et des « liens mobilisés » pour désigner leurs réponses dans une situation donnée. **Autrement dit, les élèves ont parfois des connaissances « des liens construits » qu'ils n'arrivent pas à utiliser dans une situation donnée « liens mobilisés ».** Par exemple, si des élèves ne relient pas, dans leur réponse, le système digestif à la moelle épinière, nous ne pouvons pas déduire qu'ils ne connaissent pas ce lien mais qu'ils n'ont pas su répondre à la question posée et formulée dans une situation donnée. Tout au long de cette étude, nous parlerons donc de « liens mobilisés » par les élèves parce qu'il est très difficile d'avoir accès aux « liens construits ». Cette distinction entre « liens construits » et « liens mobilisés » est à rattacher à la théorie des « conceptions conjoncturelles » définie par Clément (1994) de la manière

---

<sup>69</sup> G.R, Saber (2000-2001). *Conceptions d'élèves libanais sur les relations entre les systèmes digestif, circulatoire et excréteur de l'organisme humain*, D.E.S en didactique de la biologie, Université Libanaise, Faculté de Pédagogie II, sous la direction de A. Thoumy.

suivante : ce qu'exprime une personne dans une situation donnée, que son expression soit verbale ou comportementale, ne traduit pas directement l'ensemble de ses conceptions, mais seulement des conceptions conjoncturelles, celles qui sont mobilisées en mémoire de travail dans la situation précise.

NB : tous les questionnaires ont été testés auprès d'un échantillon de 15 élèves de Cinquième et de 15 élèves de Seconde. Certains remaniements ont été effectués à la lumière des réponses obtenues, avant d'élaborer la version définitive des questionnaires, version utilisée dans cette recherche.

### **Validation des réponses attendues aux questionnaires par un expert en physiologie**

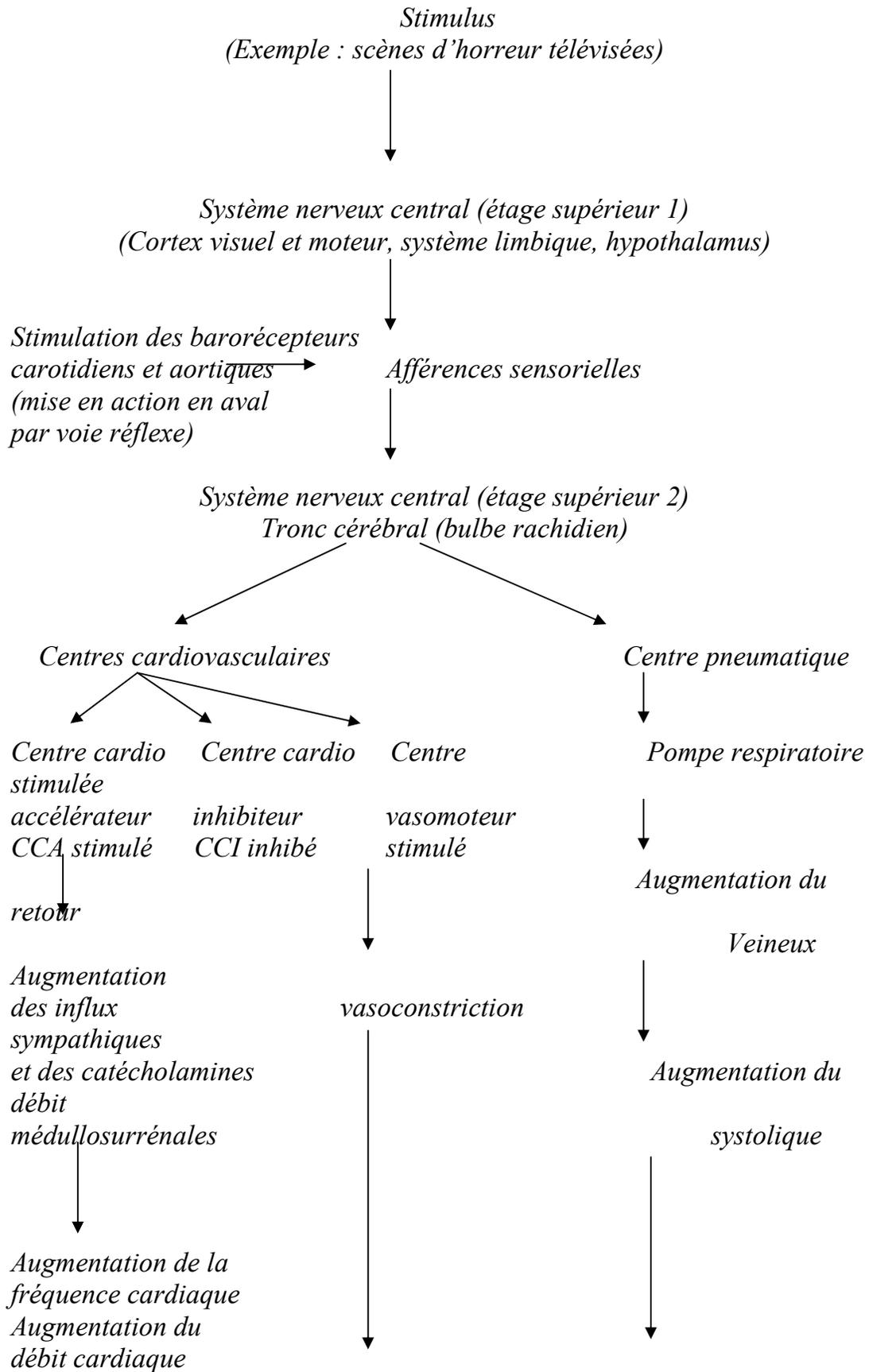
*Les réponses attendues (voir partie « Résultats » et Annexe E) aux deux questionnaires ont été validées par un expert en physiologie humaine (Nassim Farés<sup>70</sup>). A titre d'exemple, la réponse attendue à la troisième situation-problème :*

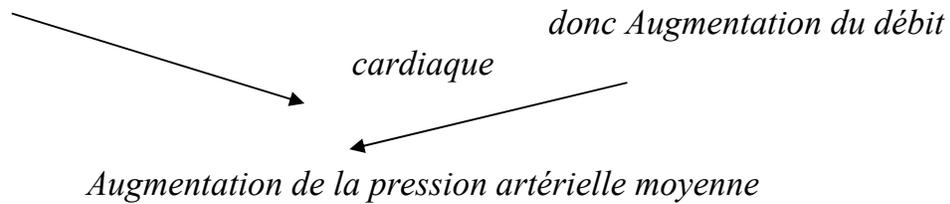
*«Gabriel regarde un film d'horreur à la télévision. Son rythme respiratoire et son rythme circulatoire augmentent. Faites un schéma annoté montrant par quels mécanismes ses rythmes augmentent. Indiquez tous les organes impliqués », est illustrée ci-après (figure 3.1)*

*Il est évident que la réponse attendue de la part des élèves de Cinquième et de Seconde n'est pas censée contenir des informations aussi spécialisées. Nous ciblons uniquement l'analyse des liens que les élèves sont censés mobiliser entre un système physiologique quelconque et la situation proposée (exemple : lien entre le sentiment de peur et le système nerveux)*

---

<sup>70</sup> Ph. D en physiologie humaine, enseignant à l'Université Saint-Joseph de Beyrouth.





**Figure 0-1 : liens entre les systèmes nerveux, respiratoire et circulatoire, face à un sentiment de peur. D'après N. Farès, expert en physiologie humaine**

*NB : L'activité-réflexe des muscles antagonistes augmente également : en plus du rythme respiratoire, le tonus musculaire des membres inférieurs et supérieurs est enregistré.*

### **Le traitement quantitatif et statistique des données recueillies**

*Les réponses obtenues aux deux questionnaires ont été traitées de façon quantitative (calcul de pourcentages) et de façon statistique (calcul des probabilités critiques et des risques tolérables).*

### **Traitement quantitatif des résultats**

*Les réponses obtenues aux trois situations-problèmes ont été traitées de la façon suivante :*

- *Regroupement des mots : tous les mots et éléments<sup>71</sup> mentionnés par les élèves au niveau des schémas ont été regroupés par système physiologique (exemple : bouche et œsophage dans le système digestif).*
- *Catégorisation : les groupes de mots ont été catégorisés (exemple : tous les schémas qui représentent un transit direct de l'eau de la bouche à l'orifice urinaire sans passage par le sang ont été regroupés dans la catégorie : conception de la tuyauterie digestive continue). Le but étant d'assurer, l'objectivité de cette catégorisation, nous avons demandé à un biologiste de faire le même travail. Nous avons procédé par la suite à une comparaison des catégories et à des discussions avant de finaliser le travail de catégorisation.*

*Les réponses obtenues aux questions fermées ont été traitées de la façon suivante :*

*Nous avons déterminé le nombre de « oui » obtenus par question en nous référant aux réponses attendues validées par l'expert en physiologie (voir annexe E). Exemple : les nerfs sont concernés par le système digestif humain...justifiez.*

*oui | non | je ne sais pas*

*Réponse attendue : oui → péristaltisme, sécrétions enzymatiques, sécrétion salivaires, défécation, vomissement. (D'après N. Farès).*

<sup>71</sup> Dans certains schémas, l'élément anatomique figure mais son annotation manque (exemple : l'œsophage est dessiné et non annoté).

*En ce qui concerne le traitement statistique : les parties qui ont fait l'objet d'un traitement statistiques sont celles qui concernent l'analyse de l'impact de l'inversion de la question sur les réponses obtenues, l'étude de l'impact des conceptions d'origine sociale sur les productions des élèves et la comparaison des interrelations entre les systèmes physiologiques (tableaux « contrastés » 4-3, 4-6, 4-9 et 4-12 du chapitre « Résultats »). L'objectif principal de ce traitement statistique est de savoir si les différences des pourcentages obtenus au niveau des résultats sont dues au hasard ou si elles sont significatives sur le plan statistique.*

### **Traitement statistique des résultats**

*L'objectif de cette partie est de pouvoir attribuer aux différents résultats obtenus sous forme de valeurs numériques, des différences significatives et interprétables. Notre souci majeur est de pouvoir répondre au questionnement suivant : dans quelle mesure peut-on affirmer que la dépendance<sup>72</sup> observée au niveau des résultats obtenus est-elle due au hasard ? Comment peut-on « faire parler » les chiffres en évitant autant que possible la subjectivité interprétative ? Comment éviter le risque d'extrapoler une dépendance de résultats observée au niveau de l'échantillon, sur la population entière, alors qu'elle n'en est pas une ? Deux types de tests statistiques ont été appliqués tout au long de cette recherche :*

## **Le test de Khi 2<sup>73</sup>**

C'est une mesure de la dépendance entre deux variables nominales<sup>74</sup>. Les modalités des variables sont des adjectifs. Exemples : classe d'appartenance de Cinquième ou de Seconde, intervalles de scores (entre 50% et 75% de réponses attendues), etc. Le test Khi 2 inclut la taille de l'échantillon. Plus la dépendance observée est significative, plus la valeur de Khi 2 calculée augmente. Une fois que cette valeur dépasse un Khi 2 critique, on peut extrapoler cette dépendance observée au niveau de l'échantillon sur la population entière. On déduit alors que cette dépendance observée n'est pas due au hasard mais qu'elle est due à une vraie dépendance au niveau de tous les étudiants. Une probabilité critique (PV : Probability Value) sera donc calculée à partir des valeurs obtenues au test de

---

<sup>72</sup> Les variations d'une variable dépend de la variation de l'autre

<sup>73</sup> Pour le détail voir Annexe F

<sup>74</sup> La distribution des modalités d'une variable varie selon les modalités de la seconde variable : ex : Distribution des religions au Liban varie d'une région à une autre.

Khi 2. C'est la probabilité critique (ou risque) d'extrapoler la dépendance observée au niveau de la population, alors qu'au niveau de la population il y a une indépendance. Autrement dit, On serait en train d'affirmer que cette dépendance n'est pas due au hasard alors qu'elle l'est. Pour que cette dépendance soit significative et donc providentielle, **il faut que la valeur de la PV soit inférieure à 5%. Risque tolérable (5%)**. A savoir que les valeurs du Khi 2 sont inversement proportionnelles à celles de la PV.

## **Le test de Z<sup>75</sup>**

C'est une mesure de la différence entre la proportion observée sur l'échantillon et la proportion hypothétique de 50%. Plus la différence observée est significative, plus la valeur de Z calculée augmente. Une fois que cette valeur dépasse un Z critique, on peut extrapoler cette différence observée au niveau de l'échantillon sur la population entière. On déduit alors que cette différence observée n'est pas due au hasard et qu'elle est due à une vraie différence au niveau de tous les étudiants. Le test Z inclut la taille de l'échantillon. Une probabilité critique (PV : Probability Value) sera donc calculée à partir des valeurs obtenues au test de Z. C'est la probabilité critique (ou risque) d'extrapoler la différence observée au niveau de la population. Autrement dit, On serait en train d'affirmer que cette différence n'est pas due au hasard alors qu'elle l'est. Pour que cette différence soit significative et donc providentielle, **il faut que la valeur de la PV soit inférieure à 5%. Risque tolérable (5%)**. A savoir que les valeurs de Z sont inversement proportionnelles à celles de la PV. Le test de Z peut être utilisé pour :

- La comparaison des proportions observées à la proportion de 50%.
- La comparaison des moyennes de mots attendus obtenus.

**NB :** Ecart-type : C'est un indicateur de dispersion des observations autour de leurs moyennes. Plus la valeur de l'écart-type augmente, plus les valeurs observées sont dispersées autour de la moyenne. Si toutes les valeurs observées sont identiques, l'écart type est égal à zéro.

### **Objectif opérationnel N° 2 (2002-2003) : Analyser les conceptions des enseignants concernant la construction de liens entre les connaissances en physiologie**

Nous partons de l'hypothèse suivante : si nous voulons que les élèves construisent des liens entre les concepts enseignés (en l'occurrence en physiologie), il est important que

---

<sup>75</sup> Pour le détail voir Annexe F

leurs enseignants clarifient ce qu'ils font quant au développement de cette compétence, en classe. Ceci nous a poussé à nous poser les questions suivantes:

- Comment les enseignants aident-ils les élèves à relier les connaissances, quand ils disent qu'ils le font ?
- Dans quelles mesures les enseignants prennent-ils en considération le développement de cette compétence dans leurs pratiques enseignantes aussi bien au niveau des évaluations pratiquées qu'au niveau du cours assuré ?
- Quel rapport ces enseignants entretiennent-ils avec le concept de l'erreur ? Quel est le rôle de l'erreur dans la construction du savoir ?

Dans le but d'apporter des réponses à ces questions et d'identifier les conceptions des enseignants concernant la construction de liens entre les connaissances en physiologie, deux questionnaires et un entretien ont été prévus.

### Population

Le tableau ci-dessous permet de connaître le profil des enseignants qui ont répondu au questionnaire. Cet échantillon comporte 15 enseignants dont :

- 4 enseignants du cycle secondaire.
- 9 enseignants du cycle complémentaire.
- 2 enseignants dans les cycles complémentaire et secondaire.

|                                      | <i>N° de l'enseignant</i> | <i>Niveau(x) enseigné(s)</i>            | <i>Dernier diplôme obtenu</i> | <i>Nombre d'années d'expérience</i> |
|--------------------------------------|---------------------------|---|-------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Enseignants du secondaire</i>     | <i>1</i>                  | <i>Seconde et Première Scientifique</i> | <i>Maîtrise en biologie</i>   | <i>22 ans</i>                       |
|                                      | <i>2</i>                  | <i>Seconde</i>                          | <i>CAPES</i>                  | <i>13 ans</i>                       |
|                                      | <i>3</i>                  | <i>Seconde</i>                          | <i>Maîtrise en biologie</i>   | <i>9 ans</i>                        |
|                                      | <i>4</i>                  | <i>Seconde</i>                          | <i>Maîtrise en biologie</i>   | <i>10 ans</i>                       |
| <i>Enseignants du complémentaire</i> | <i>5</i>                  | <i>5°</i>                               | <i>DEA (Santé)</i>            | <i>1 an</i>                         |
|                                      | <i>6</i>                  | <i>6°, 5°, 3°</i>                       | <i>DEA (Education)</i>        | <i>14 ans</i>                       |
|                                      | <i>7</i>                  | <i>6°, 5°</i>                           | <i>Maîtrise en SVT</i>        | <i>2 ans</i>                        |
|                                      | <i>8</i>                  | <i>5°</i>                               | <i>Maîtrise en SVT</i>        | <i>10 ans</i>                       |
|                                      | <i>9</i>                  | <i>5°, 4°, 3°</i>                       | <i>Maîtrise en SVT</i>        | <i>7 ans</i>                        |
|                                      | <i>10</i>                 | <i>5°, 4°, 3°</i>                       | <i>Maîtrise en SVT</i>        | <i>20 ans</i>                       |
|                                      | <i>11</i>                 | <i>6°, 5°, 4°, 3°</i>                   | <i>Maîtrise en SVT</i>        | <i>2 ans</i>                        |
|                                      | <i>12</i>                 | <i>5°, 4°, 3°</i>                       | <i>CES en Sciences</i>        | <i>3 ans</i>                        |

|   |    |  |                 |        |
|---|----|--|-----------------|--------|
|   | 13 | 5°, 4°                                 | Maîtrise en SVT | 20 ans |
| <i>Enseignants du<br/>secondaire et<br/>du<br/>complémentaire</i> | 14 | 5° et<br>Seconde                       | Maîtrise en SVT | 14 ans |
|   | 15 | 5° Seconde<br>1 <sup>ère</sup> S et TS | Maîtrise en SVT | 10 ans |

**Tableau 0-2: Echantillon des enseignants : Classes enseignées, Formation et expérience dans l'enseignement.**

## **Instrument de mesure**

Deux questionnaires ont servi à cette étude :

**Le questionnaire N°1** : un ensemble de sept questions (voir partie « *Résultats* » et annexe

A) a été adressé aux enseignants de l'échantillon décrit ci-dessus :

- les deux premières questions ont pour objectif l'identification des attentes et des besoins des enseignants en termes de formation.
- Les questions 3, 4, 5 et 6 servent à identifier les conceptions des enseignants concernant l'importance qu'ils accordent, pour aider leurs élèves à relier les connaissances.
- La question 7 a pour objectif d'identifier les conceptions des enseignants concernant le concept de l'erreur. Notre but est de comprendre l'importance qu'ils accordent à « l'erreur » dans leur enseignement.

**Le questionnaire N°2** : identique au questionnaire N°1 des élèves, il a été adressé aux enseignants. Il s'agit du questionnaire proposant la résolution de trois situations-problèmes semblables à celles proposées aux élèves. Le but de ce travail est de déterminer si les enseignants mobilisent des liens entre les différents concepts qu'ils enseignent.

## **Traitement quantitatif**

*Le traitement des résultats dans cette partie a été uniquement d'ordre quantitatif : dénombrement et calcul de pourcentage. Ce choix est fait car l'échantillon est modeste en nombre d'enseignants d'une part (ce sont les enseignants qui ont accepté de répondre aux questionnaires et de participer à la session de formation, voir paragraphe ci-dessous 3.3) et d'autre part, ce n'est pas une différence significative entre les réponses des enseignants qui nous intéresse, mais plutôt l'accès à une vue globale de leurs conceptions.*

## **Objectif opérationnel N° 3 (2002-2003) : La formation des enseignants**

L'atteinte de l'objectifs N°1(2001-2002) a permis l'identification d'un « vrai » problème de morcellement des connaissances (voir parties « *Résultats & Discussion* »). Le besoin d'évaluer un dispositif pédagogique susceptible de pallier ce problème s'est imposé. Néanmoins il fallait d'abord penser à une session de formation des enseignants qui sont les premiers acteurs capables de tester ce dispositif dans leurs classes.

## **Population**

*Les enseignants qui ont participé à la session de formation sont les mêmes que ceux qui ont répondu aux questionnaires. D'ailleurs, les questionnaires ont été adressés aux enseignants directement avant le début de la session. (Voir paragraphe précédent 3.2.1).*

### **Objectifs, organisation et contenu de la session de formation des enseignants**

*La formation a concerné les enseignants du complémentaire et du Secondaire (notamment des enseignants en classes de Cinquième et de Seconde) de huit établissements libanais qui préparent un double baccalauréat : ils appliquent le programme français et le programme libanais, sauf qu'en biologie, tous ces établissements ont adopté un manuel français (Sciences de la vie et de la terre, Bordas). La formation s'est déroulée à l'Université Saint-Joseph (Faculté des Sciences, Mar Roukoz, Liban), pendant une semaine, soit cinq jours ouvrables, à raison de trois heures par jour (donc un total de 15 heures de formation).*

### **Objectifs de la session de formation des enseignants**

Il s'agit d'amener les enseignants à s'initier à l'enseignement selon le paradigme de la complexité, à appliquer les principes qui relient la connaissance des parties à celles du tout, en insistant sur le fait que ce tout est inscrit dans la partie (le programme génétique de tout l'humain est inscrit dans chaque cellule), à appliquer les processus d'auto-régulation, d'auto-production et d'auto-organisation qui sont en rupture avec le principe de causalité linéaire, à appliquer le principe dialogique et la théorie scientifique selon laquelle toute connaissance est une traduction par un cerveau (d'après Morin 1999, p.107 à110). L'objectif est donc d'aider les enseignants à être plus conscients de l'importance de l'introduction de la complexité dans tout enseignement, en l'occurrence en physiologie, et à modifier ainsi leurs pratiques. Les objectifs de la session intitulée « *Inter ou intradisciplinarité ? Comment aider les élèves à relier les connaissances en physiologie ?* », étaient les suivants :

- Résoudre des problèmes pour prendre conscience du morcellement des connaissances dans l'enseignement de la physiologie et l'impact de ce morcellement sur la construction du savoir.
- Construire des cartes conceptuelles et résoudre des problèmes selon la pédagogie de l'apprentissage par résolution de problème (PBL : problem based learning), pour aider les élèves à relier des concepts enseignés.

- Se familiariser avec certains paradigmes didactiques : le constructivisme, la complexité, le contrat didactique, la contextualisation de l'information et l'épistémologie de l'erreur.
- Analyser des textes pour accorder de l'importance à la prise en compte de la dimension affective en éducation.

La finalité de tout ce travail est de construire, avec les enseignants, un dispositif pédagogique concret, applicable et adéquat, pour aider les élèves à se construire des liens entre les concepts enseignés en physiologie. Ce dispositif sera mis en application dans les classes et sera évalué.

### **Contenu de la session de formation des enseignants**

Les axes de la session de formation des enseignants étaient les suivants :

| FORMATEUR     | INTERVENANTS  | THEMES  |
|---------------|---|---|
| Fadi El Hage  | -   | Les conceptions: morcellement et liens. Interdisciplinarité et intradisciplinarité. |
| Fadi El Hage  | -   | Le constructivisme :cartes conceptuelles et problématisation des situations (PBL)   |
| Fadi. El Hage | -   | La contextualisation des informations et l'épistémologie de l'erreur.               |
| Fadi. El Hage | Soula Ward <sup>76</sup> & Mona Charabati <sup>77</sup> | La dimension affective en éducation   |
| Fadi. El Hage | Nassim Farès <sup>78</sup>                              | Application de la « complexité » en physiologie + Transposition didactique.         |

**Tableau 0-3 : programme hebdomadaire de la session de formation des enseignants**

### **Outils de formation et production**

La formation est surtout constituée d'un travail de groupe découpé par des interventions et des mises en commun :

**La construction des cartes conceptuelles :** suite à une intervention magistrale brève sur les constructions des cartes conceptuelles en termes d'objectifs et de méthodologie technique, les enseignants ont construit par groupe, des cartes conceptuelles montrant les liens entre les concepts enseignés en physiologie (notamment les liens entre le système nerveux, le système digestif, le système respiratoire, le système circulatoire et le système excréteur). Les difficultés rencontrées lors de ce travail ont permis aux enseignants d'en

<sup>76</sup> Formatrice en analyse transactionnelle (AT) et en programmation neurolinguistique (PNL).

<sup>77</sup> Psychanalyste, thérapeute clinique (Ph.D).

<sup>78</sup> Enseignant de physiologie à l'Université Saint-Joseph (Ph.D).

réaliser la portée et les contraintes. Les consignes concernant la construction des cartes étaient explicites, d'après (Tribollet, Langlois et Jacquet, 2000) :

- Les enseignants forment leur groupe par affinité au sujet choisi et en fonction de la structure de leur carte : chaîne, chardon, arbre ou réseau.
- Le groupe se choisit un secrétaire et élabore en *brain storming* les mots et les concepts à relier.
- Sur un carton, chaque groupe reporte les étiquettes des concepts et des notions retenues, à raison d'un concept par étiquette.
- Le groupe construit ensuite la carte : position relative des étiquettes, tracé des liens, numérotation ou annotation des liens.
- Le groupe explicite et classe les types de liens choisis (liens de type inclusion : l'estomac est une partie du système digestif, de type catégoriel : le sucre est un glucide, de type relation : l'activité enzymatique est en relation avec le milieu chimique etc.)

***L'initiation à certains concepts didactiques*** : des mini-conférences suivies de débats et d'analyse de textes ont aidé les enseignants à se familiariser avec des concepts didactiques tels que la complexité, l'interdisciplinarité, le constructivisme, l'épistémologie de l'erreur etc.

***La prise en compte de la dimension affective dans l'apprentissage*** : partant de l'hypothèse que l'introduction de la complexité dans l'enseignement ne saurait être efficace sans la prise en compte de la dimension<sup>79</sup> affective dans l'apprentissage, des présentations orales suivies d'un travail de groupe et d'une mise en commun ont permis aux enseignants de s'approprier des concepts tels que l'ancrage, le triangle dramatique, la projection psychologique, le transfert affectif, la représentation de l'erreur et la culpabilité, etc.

***L'apprentissage par résolution de problèmes ou PBL (Problem based learnig)*** : au cours de cette session de formation, l'accent est surtout mis, sur l'apprentissage par résolution de problème (ou PBL) qui est, d'après les enseignants, un concept nouveau pour eux. Nous avons détaillé ce processus car nous pensons que cette pédagogie est au cœur du dispositif pédagogique qui sera expérimenté par les enseignants en classe. Le tableau ci-dessous donne une idée de la démarche par PBL.

---

<sup>79</sup> D'ailleurs, le terme de « dimension » s'inscrit dans une pensée complexe.

|              | Les élèves  | Les enseignants   | Sources documentaires   | Evaluation   |
|--------------|---|---|---|--|
| Organisation | Le travail des élèves est organisé en groupes <sup>80</sup> de travail « tutorial group ». Les groupes se réunissent par exemple, deux fois, deux heures par semaine, pendant les quatre à six semaines que dure une unité (block).   | La préparation est réalisée en collaboration (block planning group) avec d'autres enseignants de disciplines différentes et avec certains élèves.   | C'est dans les bibliothèques et les CDI (centre de documentation et d'information) que les élèves trouvent la majeure partie des réponses à leurs questions. Le centre de ressource (learning resource center) offre également des locaux pour les réunions en groupes. | Il s'agit d'évaluer aussi bien le travail de groupe que l'implication personnelle. L'accent est mis sur l'évaluation de la réalisation, du contenu et de l'engagement.   |
| Rôle         | Les élèves qui constituent un groupe sont choisis au hasard et chaque élève est au moins une fois animateur du groupe (discussion leader) et une fois secrétaire (minutes secretary) pendant la durée de l'unité.   | L'enseignant familiarise l'élève avec les questions métacognitives. Le PBL implique totalement les enseignants dans l'élaboration des programmes et du curriculum. Il s'agit surtout d'un rôle de tutorat et de monitorat pour rassurer et débloquer des situations qui conduiraient au découragement et à l'abandon (Schmidt et al, 1996). | En PBL, les références constituent la source principale des apprentissages des élèves (learning resource center). Confrontation de l'élève à différents outils d'information.   | L'évaluation permet d'observer l'adéquation entre les intentions des auteurs des unités et les objectifs retenus par l'élève. Elle permet aussi d'observer la relation entre la pertinence des ressources disponibles et la progression des apprentissages.  |
| Déroulement  | -La première partie du travail des élèves se déroule au sein du groupe. Ils ont à définir et à analyser ensemble le problème qui leur est soumis, à formuler les objectifs du travail et le champ des sujets à couvrir.<br>-Ensuite, individuellement, les élèves découvrent la matière.<br>-Enfin, de nouveau en groupes, ils font la synthèse et expliquent aux autres les informations découvertes individuellement. | Ce travail consiste à choisir les concepts abordés lors de l'unité, à rédiger les problèmes, à choisir les références nécessaires aux élèves (recommended literature, à choisir les tuteurs, à rédiger les cahiers de l'étudiant (block book), le guide du tuteur et les exercices d'autoévaluation (self assessment).                      | Les listes de références sont considérées comme un guide pour l'élaboration d'une bibliothèque personnelle (home library). Les élèves fréquentent davantage les centres de documentation et sont de loin mieux formés à la recherche dans une pédagogie de PBL.         | Il s'agit d'évaluer le processus d'apprentissage et les acquis. L'évaluation peut consister, dans le cas d'étudiants universitaires, en un examen répété de la première à la dernière année (progress test). En principe, un étudiant répondra à l'issue de sa formation à presque toutes les questions. |

**Tableau 0-4: Méthodologie du déroulement de l'apprentissage par résolution de problème (PBL), tableau adapté d'après les théories de Pochet (1995).**

<sup>80</sup> Par exemple, huit à dix étudiants par groupe, s'il s'agit d'un niveau universitaire. Le travail de groupe est à la base du fonctionnement du PBL.

## **Application du PBL sur un cas<sup>81</sup> en physiologie (D'après l'intervention de N. Farés) :**

« Un sujet âgé de 70 ans se présente aux urgences pour une altération de l'état de conscience avec dyspnée. »

*La résolution d'un tel problème nécessite la consultation de plusieurs références et implique la mobilisation de liens entre plusieurs systèmes physiologiques :*

- *le système digestif (impliqué dans les troubles digestifs conséquents).*
- *le système respiratoire (impliqué dans la pneumonie d'aspiration).*
- *le système circulatoire (impliqué dans le choc septique, l'hypotension, les fibrillations auriculaires et le thrombus).*
- *le système excréteur (impliqué dans l'insuffisance rénale aiguë et l'hypotension).*
- *le système nerveux (impliqué dans l'AVC ischémique et la fausse route).*

### **L'application des outils de formation dans les classes expérimentales**

Le but de cette partie est de nous assurer que les enseignants qui ont participé à la session de formation ont réellement et concrètement appliqué, dans leurs classes, les outils qui ont constitué l'objet de la session. Pour cette raison, des visites de classes ont été organisées, pendant la période où les enseignants expliquaient la partie « organisme en fonction » en Seconde et des chapitres de physiologie humaine en Cinquième.

### **Objectif opérationnel N° 4 (2002-2003) : Mesurer l'effet de la formation des enseignants sur les productions de leurs élèves**

*Dans l'intention d'atteindre cet objectif, la méthodologie suivante a été appliquée :*

- *Deux échantillons d'élèves : les productions de l'échantillon expérimental « E » dont les enseignants participeront à la session de formation et celles de l'échantillon témoin « T » dont les enseignants ne participeront pas à la session de formation, sont comparés.*
- *Un questionnaire est complété par l'ensemble des élèves des deux échantillons « E » et « T », avant toute intervention de formation de notre part. Ce questionnaire est appelé « pré-test ».*

---

<sup>81</sup> Pour le détail de la réponse, voir Annexe G.

- Une session de formation (voir paragraphe précédent, 3.3) accueille les enseignants de l'échantillon « E ».
- Un questionnaire est complété par l'ensemble des élèves des deux échantillons « E » et « T », après la session de formation. Les enseignants de l'échantillon « E » auront eu le temps d'expérimenter, dans leurs classes, ce qui a été élaboré pendant la session. Ce questionnaire est appelé « post-test ».

Nous avons veillé à réduire, dans le cadre du possible, le nombre de variables entre les deux échantillons « E » et « T »:

- Les élèves des deux échantillons sont des élèves de Cinquième et de Seconde.
- Le niveau social des élèves des deux échantillons est homogène.
- Toutes les écoles choisies préparent leurs élèves aux deux programmes libanais et français. Toutes les écoles sont à Beyrouth. Toutes ces écoles sont mixtes (garçons et filles, presque à égalité).
- Le même manuel scolaire est utilisé dans toutes ces écoles (SVT, Bordas).
- Les questions du « pré-test » et du « post-test » sont les mêmes, à part une seule nouvelle situation-problème, proposée au « post-test », l'objectif étant d'évaluer la transférabilité de la compétence testée, dans de nouvelles situations.
- Les enseignants des deux échantillons ont au moins une maîtrise en biologie et une dizaine d'années d'expérience.

Un seul paramètre<sup>82</sup> a été volontairement différencié entre les deux échantillons testés : c'est la formation des enseignants de l'échantillon « E ».

Ceci nous permet de comparer les productions des élèves pour évaluer l'effet de la formation des enseignants et donc l'évolution éventuelle des conceptions des élèves de l'échantillon « E », si cette évolution a lieu. Sinon, cela nous permettra d'évaluer la session de formation dans l'intention de l'améliorer, compte tenu des lacunes qui risquent d'exister.

## **Population**

**Concernant les élèves :** L'échantillon testé est constitué de 16 classes à raison de 26 élèves par classe en moyenne, soit 420 élèves de huit établissements scolaires libanais qui

---

<sup>82</sup> Il est évident que ni les élèves des deux échantillons ni les enseignants ne sont pas les mêmes, en tant que personnes humaines et non en tant que sujets épistémiques. Ce paramètre important interfère certainement avec les résultats obtenus. Nous reviendrons à ce point en discutant les limites de cette recherche.

appliquent le programme français et le programme libanais, et qui utilisent uniquement des manuels français en biologie (Sciences de la vie et de la terre, Bordas). Dans tous ces établissements scolaires choisis, les sciences sont enseignées en langue française et le programme français est appliqué. Il s'agit d'établissements privés du Grand Beyrouth dont les élèves sont issus d'un milieu socio-économique plutôt favorisé.

- L'échantillon « E » est constitué de quatre classes de Cinquième (106 élèves) et de quatre classes de Seconde (105 élèves).
- L'échantillon « T » est constitué de quatre classes de Cinquième (108 élèves) et de quatre classes de Seconde (101 élèves).

| Etablissement scolaire et classe | Nombre d'élèves par classe | Questionnaire complété avant la formation | La session de formation des enseignants | Questionnaire complété après la formation |
|----------------------------------|----------------------------|---|---|---|
| 5° E1                            | 28 élèves                  | Pré-test                                  | Formation                               | Post-test                                 |
| Seconde E1                       | 24 élèves                  | Pré-test                                  | Formation                               | Post-test                                 |
| 5° E2                            | 26 élèves                  | Pré-test                                  | Formation                               | Post-test                                 |
| Seconde E2                       | 29 élèves                  | Pré-test                                  | Formation                               | Post-test                                 |
| 5° E3                            | 27 élèves                  | Pré-test                                  | Formation                               | Post-test                                 |
| Seconde E3                       | 27 élèves                  | Pré-test                                  | Formation                               | Post-test                                 |
| 5° E4                            | 25 élèves                  | Pré-test                                  | Formation                               | Post-test                                 |
| Seconde E4                       | 25 élèves                  | Pré-test                                  | Formation                               | Post-test                                 |
| 5° E5                            | 26 élèves                  | Pré-test                                  | Pas de formation                        | Post-test                                 |
| Seconde E5                       | 29 élèves                  | Pré-test                                  | Pas de formation                        | Post-test                                 |
| 5° E6                            | 27 élèves                  | Pré-test                                  | Pas de formation                        | Post-test                                 |
| Seconde E6                       | 22 élèves                  | Pré-test                                  | Pas de formation                        | Post-test                                 |
| 5° E7                            | 29 élèves                  | Pré-test                                  | Pas de formation                        | Post-test                                 |
| Seconde E7                       | 27 élèves                  | Pré-test                                  | Pas de formation                        | Post-test                                 |
| 5° E8                            | 26 élèves                  | Pré-test                                  | Pas de formation                        | Post-test                                 |
| Seconde E8                       | 23 élèves                  | Pré-test                                  | Pas de formation                        | Post-test                                 |

 Echantillon « E » dont les enseignants ont participé à la session de formation

 Echantillon « T » dont les enseignants n'ont pas participé à la session de formation

**Concernant les enseignants :** Parmi les quinze enseignants qui ont participé à la session de formation, huit enseignants volontaires ont été sélectionnés (en fonction de leur disponibilité à expérimenter le dispositif pédagogique en classe) pour constituer les enseignants de l'échantillon « E ». Leur profil est le suivant :

|   | <i>Niveau(x) enseigné(s)</i>              | <i>Dernier diplôme obtenu</i> | <i>Nombre d'années d'expérience</i> |
|---|---|-------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Enseignants dans le secondaire</i>                           | <i>Seconde</i>                            | <i>CAPES</i>                  | <i>13 ans</i>                       |
|   | <i>Seconde</i>                            | <i>Maîtrise en biologie</i>   | <i>10 ans</i>                       |
| <i>Enseignants dans le complémentaire</i>                       | <i>6°, 5°, 3°</i>                         | <i>DEA (Education)</i>        | <i>14 ans</i>                       |
|   | <i>5°</i>                                 | <i>Maîtrise en SVT</i>        | <i>10 ans</i>                       |
|   | <i>5°, 4°, 3°</i>                         | <i>Maîtrise en SVT</i>        | <i>20 ans</i>                       |
|   | <i>5°, 4°</i>                             | <i>Maîtrise en SVT</i>        | <i>20 ans</i>                       |
| <i>Enseignants dans le secondaire et dans le complémentaire</i> | <i>5° et Seconde</i>                      | <i>Maîtrise en SVT</i>        | <i>14 ans</i>                       |
|   | <i>5° Seconde 1<sup>ère</sup> S et TS</i> | <i>Maîtrise en SVT</i>        | <i>10 ans</i>                       |

**Tableau 0-5: Profil des enseignants de l'échantillon « E »**

*Les enseignants qui n'ont pas participé à la session de formation (ceux de l'échantillon « T ») donnent également des classes de Cinquième et de Seconde, ont au moins une maîtrise en biologie et une dizaine d'années d'expérience.*

### **Instruments de mesure**

*Deux questionnaires ont servi à cette étude. Nombreuses sont les questions et les situations qui ciblent l'identification des mêmes liens mobilisés par les élèves. Loin de viser la redondance gratuite, ce choix est dû au fait que nous avons voulu varier autant que possible les situations et les tournures pour réduire au maximum l'influence de la formulation de la question sur les productions obtenues.*

### **Les questionnaires du pré-test :**

Deux questionnaires ont été complétés par l'ensemble des élèves des deux échantillons « E » et « T » en 2002-2003<sup>83</sup>, avant toute intervention de formation de notre part.:

***Le questionnaire N°1 du pré-test :*** il est constitué des mêmes situations-problèmes que celles qui ont été proposées en 2001-2002, visant à analyser les liens mobilisés par les élèves entre les systèmes nerveux, digestif, respiratoire et circulatoire (*voir annexe A*).

***Le questionnaire N°2 du pré-test :*** il est constitué de cinq questions fermées. Chacune des questions fermées demande à l'élève de regrouper, parmi une liste de mots proposés, ceux qui sont respectivement en lien avec le système digestif (question 4a), avec le système respiratoire (question 4b), avec le système circulatoire (question 4c), avec le système nerveux (4d) et avec le système excréteur (4c). (*Voir annexe A*).

L'objectif de ce travail est double :

- Identifier de nouveau (pour la deuxième année consécutive, sans compter l'année du DEA en France) les conceptions des élèves concernant les liens mobilisés entre les concepts étudiés en physiologie (aussi bien au niveau de la résolution de situations-problèmes qu'au niveau des questions fermées).
- Utiliser les résultats obtenus pour les comparer à ceux qui seront obtenus au post-test, suite à la formation des enseignants de l'échantillon «E ».

### **Les questionnaires du post-test :**

*Les questionnaires N°1 et 2 du post-test reprennent les mêmes questions que celles du pré-test à la seule différence que nous avons ajouté une nouvelle situation-problème dont la résolution nécessite la mobilisation de liens entre les systèmes physiologiques. L'objectif sous-jacent est d'évaluer la capacité des élèves dont les enseignants ont participé à la session de formation (élèves de l'échantillon « E ») à mobiliser des liens lors de résolution de problème dans de nouvelles situations. **Autrement dit, la capacité à résoudre des problèmes en reliant les connaissances, est-elle une compétence transférable dans de nouvelles situations ?***

---

<sup>83</sup> A savoir qu'il s'agit en 2002-2003, d'une autre population.

## Traitement quantitatif et statistique

*L'objectif principal de cette partie est de comparer les résultats obtenus au post-test avec ceux obtenus au pré-test par échantillon, pour évaluer l'effet de la formation des enseignants sur les productions de leurs élèves. Les mêmes traitements quantitatifs et statistiques ont été appliqués (voir traitement quantitatif et statistique 2001-2002, paragraphe : 3.1.4). La comparaison pratiquée est « longitudinale », c'est-à-dire entre les résultats du post-test et du pré-test de chacun des échantillons. La comparaison faite n'est pas « transversale », c'est-à-dire entre elle n'est pas faite entre les résultats du post-test de l'échantillon « E » et ceux du post-test de l'échantillon « T ».*

### **Objectif opérationnel N° 5 (2003-2004) : Valider l'évolution des conceptions des enseignants ayant participé à la session de formation**

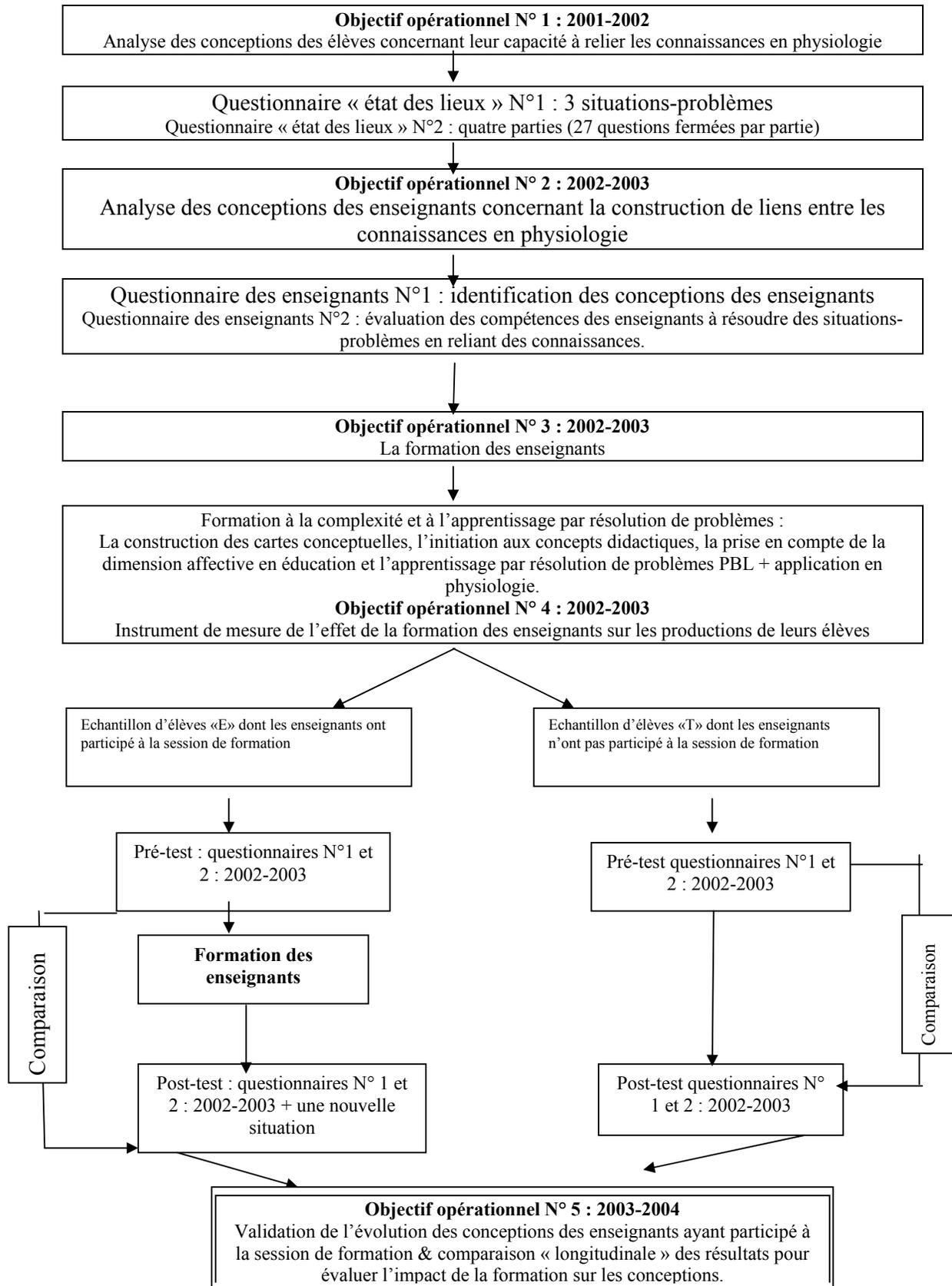
Suite à nos recherches depuis 2000-2001, nous avons pris conscience de l'impact problématique du morcellement des connaissances en physiologie sur la construction du savoir par les élèves. Nous pensons que ce cloisonnement constitue un obstacle à l'apprentissage. Ceci nous a poussé à émettre l'hypothèse suivante : une formation des enseignants à la *transversalité intradisciplinaire* et à *l'apprentissage par résolution de problème (PBL)* devrait faire évoluer les conceptions des élèves vers une meilleure construction de liens entre les différents concepts enseignés. Mais, pour que les conceptions des élèves évoluent et pour que nous puissions attribuer cette évolution à la formation des enseignants, il fallait d'abord valider un changement conceptuel quelconque chez les enseignants eux-mêmes. Pour cette raison, nous avons convoqué les enseignants disponibles qui ont participé à la session de formation (cinq enseignants de huit). L'objectif était d'évaluer l'évolution de leur compétence à résoudre des problèmes. Ces enseignants ont dû, répondre de nouveau à un questionnaire constitué de deux nouvelles situations-problèmes<sup>84</sup>. La rencontre a été suivie d'une discussion autour de leurs réponses et d'un entretien permettant d'analyser les nouvelles pratiques qu'ils ont expérimentées en classe.

Une synthèse générale de la méthodologie appliquée dans cette recherche donnerait une vue plus claire des différentes étapes suivies.

---

<sup>84</sup> Voir « Résultats », partie III, paragraphe 4.3.4

## Schéma synoptique résumant la méthodologie de cette recherche



- ❑ Les élèves concernées sont des élèves de Cinquième et de Seconde.
- ❑ Toutes les écoles choisies préparent le programme français et le programme libanais.
- ❑ Toutes les réponses attendues aux questionnaires ont été validées par un expert en physiologie.
- ❑ Tous les questionnaires ont été préalablement testés sur un échantillon de 15 élèves.
- ❑ Echantillons 2001-2002 : 300 élèves.
- ❑ Echantillon 2002-2003 : 420 élèves (211 « E » et 209 « T ») + 15 enseignants dont 8 pour les classes expérimentales « E ».

# CHAPITRE IV

## RÉSULTATS

*« Il y a des erreurs qui contiennent une autre vérité »  
(Erri De Luca)*

Ce chapitre présente l'ensemble des résultats obtenus aux différents questionnaires adressés aux enseignants et aux élèves de Cinquième et de Seconde, au cours des années 2001-2002 et 2002-2003. Ces résultats feront l'objet d'analyses et d'interprétations. Ils seront traités selon trois axes :

- L'état des lieux concernant la capacité des élèves à relier les connaissances entre elles.
- Les conceptions des enseignants.
- L'évaluation de la formation des enseignants à travers les productions des élèves.

### **L'état des lieux concernant la capacité des élèves à relier les connaissances entre elles en physiologie**

Cette partie présente les résultats du « questionnaire relatif à l'état des lieux (2001-2002) »<sup>85</sup>, obtenus à partir des réponses de l'ensemble des élèves de Cinquième et de Seconde. Une analyse qualitative et quantitative est effectuée afin d'identifier les liens que les élèves parviennent à construire entre les différents systèmes physiologiques suivants : système digestif, système respiratoire, système circulatoire et système nerveux. Cette étude est faite avant toute intervention formative auprès de leurs enseignants. L'objectif de ce chapitre est donc de constituer un état des lieux concernant la capacité actuelle des élèves de Cinquième et de Seconde à construire des liens entre les différents enseignements de la physiologie.

Ce questionnaire comprend deux parties :

|                  | <i>Type de question</i>                | <i>Contenu</i>   |
|------------------|--|--|
| <b>Partie I</b>  | « Situations problèmes » <sup>86</sup> | 3 situations - problèmes   |
| <b>Partie II</b> | Questions fermées                      | Se rapportant aux quatre systèmes physiologiques : 27 questions par système. |

Chacune de ces parties, fera l'objet d'analyse et de traitement.

<sup>85</sup> Voir annexe A1

<sup>86</sup> Situation-problème : il s'agit d'un texte court qui décrit une situation concrète, un phénomène ou un évènement posant problème. Le but est de mettre l'élève en situation de ressentir lui-même l'insuffisance de ses représentations et de le pousser à résoudre le problème proposé, en reliant ses connaissances. Orange (1997, p. 233) définit la situation-problème comme étant « *une situation mise en place autour d'une énigme pour conduire l'élève à remettre en cause ses conceptions et l'aider à franchir un obstacle. L'obstacle n'étant, a priori, pas visible pour l'élève (c'est en cela qu'il fait obstacle à son progrès intellectuel), la situation-problème est un moyen de le concrétiser en une situation qui fait problème.* »

## **Partie I : Traitement des réponses obtenues aux situations - problèmes**

L'objectif principal de cette partie est d'analyser les conceptions des élèves de Cinquième et de Seconde, en ce qui concerne les liens qu'ils mobilisent entre plusieurs concepts enseignés en physiologie. Les questions posées aux élèves sont formulées sous la forme de « situations-problèmes » et les réponses attendues sont présentées sous la forme de schémas. Les différents schémas proposés par les élèves ont été regroupés en fonction des différentes conceptions identifiées.

Trois situations-problèmes ont été proposées :

- ❖ La « situation-problème 1 » qui permet d'analyser les liens mobilisés entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur.
- ❖ La « situation-problème 2 » qui renseigne sur les liens mobilisés entre le système respiratoire et le système circulatoire.
- ❖ La « situation-problème 3 » qui permet de préciser les liens mobilisés entre le système respiratoire, le système circulatoire, le système digestif, le système excréteur et le système nerveux.

### **Interrelations entre les systèmes digestif, circulatoire et excréteur**

L'objectif de cette section est d'identifier les conceptions des élèves concernant leur capacité à relier les connaissances en physiologie, à travers l'analyse de leurs schémas (figuratifs ou conceptuels)<sup>87</sup> obtenus en réponse à la question suivante :

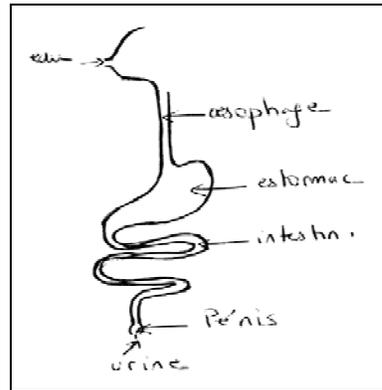
**Situation-problème 1 : Eric a bu un litre d'eau ; peu de temps après, il sent le besoin d'uriner. Faites un schéma annoté indiquant tous les lieux par où transite le liquide ingéré, depuis le moment où il a bu jusqu'au moment où il urine.**

Le but est de se renseigner sur les liens mobilisés par les élèves entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur. Les différents schémas obtenus, ont été d'abord regroupés par question et ensuite par conceptions.

---

<sup>87</sup> Nous désignons par schémas figuratifs, tous ceux qui représentent un codage iconique de signaux visibles (les dessins) et par schémas conceptuels, tous ceux qui représentent un « graphe » formé de nœuds indiquant des concepts avec des lignes annotées montrant la relation entre une paire de nœuds (cartes conceptuelles).

Exemple : Si en réponse à la situation-problème 1, un élève a dessiné un schéma annoté montrant uniquement une bouche, un œsophage, un estomac et un pénis; nous considérons que sa réponse appartient à la conception 1 nommée « conception de la tuyauterie digestive continue<sup>88</sup>, sans passage ni par le sang ni par les reins ».



Conception de tuyauterie digestive continue (élève de Seconde)

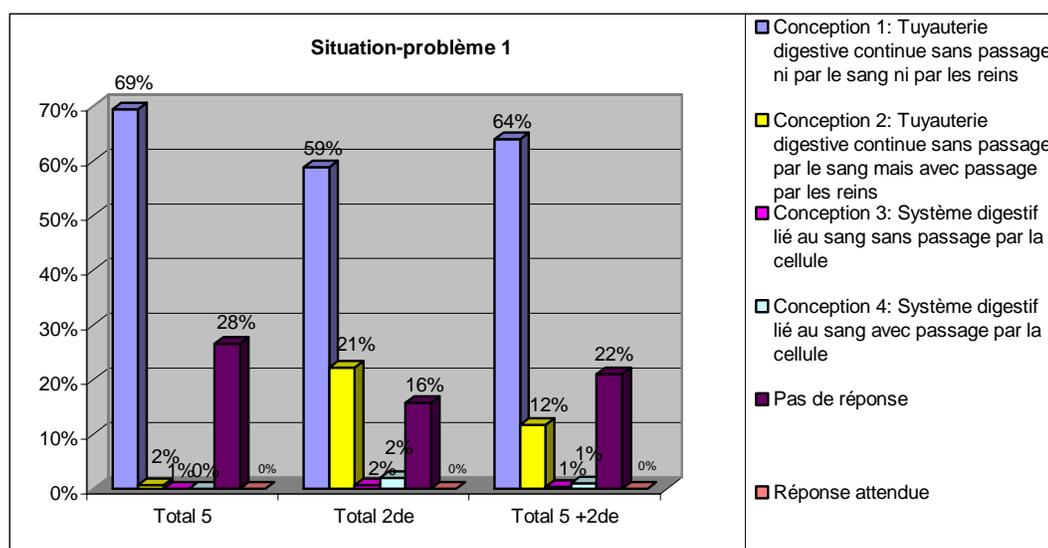
| Numéro et titre de la conception   | Cette conception comprend toutes les réponses se rapportant à ...  |
|--|--|
| <b>Conception 1 : Tuyauterie digestive continue sans passage ni par le sang ni par les reins</b>             | Tube digestif seul, Tube digestif + Glandes digestives, Tube digestif + Vessie + Pénis, Schéma d'un tube digestif non annoté et ne montrant pas un passage par le sang.  |
| <b>Conception 2 : Tuyauterie digestive continue sans passage par le sang mais avec passage par les reins</b> | Tube digestif+Reins+Vessie+Pénis ou<br>Tube digestif + Reins+ Anus   |
| <b>Conception 3 : Système digestif lié au sang sans passage par la cellule</b>                               | Tube digestif + sang + reins + urine   |
| <b>Conception 4 : système digestif lié au sang avec passage par la cellule</b>                               | <b>Tube digestif + Sang + Organes + Reins + Vessie + Anus</b>  |
| <b>Pas de réponse</b>  |  |
| <b>Réponse attendue<sup>89</sup></b>   | Bouche, Pharynx, Œsophage, Estomac, Intestin grêle Gros intestin, Rectum, Selles <b>ou</b><br>Bouche, Pharynx, Œsophage, Estomac, Intestin grêle, secteur plasmatique, cellule, sang, reins, uretères, vessie, urètre. |

<sup>88</sup> Par référence à l'obstacle d'apprentissage identifié par Giordan et de De Vecchi (1987), par Richard (1990) et par Clément (1991). Ce modèle consiste à faire transiter l'eau selon un courant dans un seul sens, allant de la bouche à la vessie ou jusqu'à l'orifice urinaire, en passant par les différentes parties du tube digestif, sans passer par le sang.

<sup>89</sup> Réponse attendue = ensemble de tous les mots que nous proposons en réponse à la question posée.

## Histogramme des résultats

Dans l'histogramme ci-dessous sont présentés les pourcentages des élèves de Seconde et de Cinquième qui ont fait des schémas en réponse à la « situation-problème 1 ». Les réponses ont été regroupées en conceptions, ce qui nous permet d'avoir une vue globale des liens mobilisés entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques. Certains liens qualifiés de « bizarres » ont été identifiés dans les réponses proposées par les élèves (exemple : eau ingérée passant dans les poumons). Ces liens seront évoqués dans l'analyse et ne figurent pas dans l'histogramme.



Histogramme 0-1 : pourcentage des élèves de Cinquième et de Seconde qui ont mobilisé des liens entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur

## Observations

- 69% des élèves de Seconde et 59% des élèves de Cinquième fonctionnent selon la conception de la « tuyauterie digestive continue ». Ces élèves ont fait des schémas montrant le passage direct de l'eau ingérée de la bouche à l'orifice urinaire en citant des éléments du tube digestif, sans évoquer ni le lien avec le système circulatoire ni le lien avec le système excréteur.
- 21% des élèves de Seconde et 2% des élèves de cinquième fonctionnent selon la même conception, sauf qu'ils ont ajouté les reins à cette « tuyauterie continue ».
- 2% seulement des élèves de Seconde ont mobilisé le lien attendu avec le sang et 2% de ces élèves ont mobilisé des liens entre digestion, circulation et cellule. Aucun élève de Cinquième n'est arrivé à mobiliser ces types de lien !

- Il est intéressant de signaler certaines réponses que nous considérons comme étant des « liens bizarres<sup>90</sup> » : 1% des élèves de Seconde et 3% des élèves de Cinquième ont évoqué des liens entre l'eau ingérée, la trachée artère, la moelle épinière, l'utérus ou les poumons !

## Interprétation des résultats

Les résultats mentionnés ci-dessus permettent d'émettre les hypothèses suivantes :

Les pourcentages très élevés des élèves qui fonctionnent selon la conception de « la tuyauterie digestive continue » sont indicateurs d'un obstacle important au niveau de la notion de « l'absorption intestinale ». Certains élèves semblent ignorer par quelle procédure, qui n'est évidemment pas magique, l'eau se transforme en urine. Dans le même contexte, nous évoquons deux obstacles majeurs : l'absence de liens mobilisés entre le système digestif et le système circulatoire d'une part, et l'absence de liens mobilisés entre le système circulatoire et les échanges avec les cellules de l'organisme d'autre part. Nous pensons que les enseignants consacrent peu de temps à la construction de ce type de liens, au cours de leur enseignement.

### Interrelations entre le système respiratoire et le système circulatoire

L'objectif de cette section est d'identifier les conceptions des élèves concernant leur capacité à relier les connaissances en physiologie, à travers l'analyse de leurs schémas (figuratifs ou conceptuels) proposés, à la question suivante :

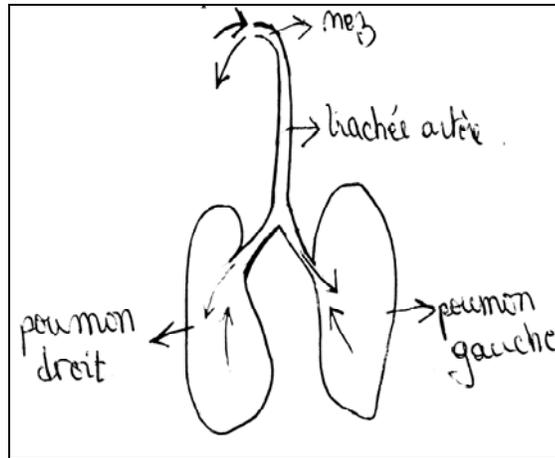
**Situation-problème 2 : Nathalie court en pleine nature, son rythme respiratoire et sa fréquence cardiaque augmentent. Faites un schéma annoté montrant le trajet complet de l'oxygène de l'air, dans tous les lieux où passe l'oxygène dans son corps, entre le moment où Nathalie inspire de l'air jusqu'au moment où elle l'expire.**

Le but est de fournir des informations concernant les liens mobilisés par les élèves, entre le système respiratoire et le système circulatoire. Les différents schémas obtenus ont été d'abord regroupés par question et ensuite par conceptions.

---

<sup>90</sup> Le pourcentage des élèves qui ont mobilisé ce type de lien ne figure pas dans l'histogramme, vu leur effectif réduit.

Exemple : Si en réponse à la situation-problème<sup>2</sup>, un élève a dessiné un schéma annoté montrant un trajet de l'air faisant uniquement un aller-retour direct « bouche-poumons-bouche » ; nous considérons que sa réponse appartient à la conception 1 nommée « conception de la tuyauterie respiratoire continue », sans passage ni par le sang ni, par les alvéoles, ni par les cellules.



Conception de tuyauterie respiratoire continue (élève de Cinquième)

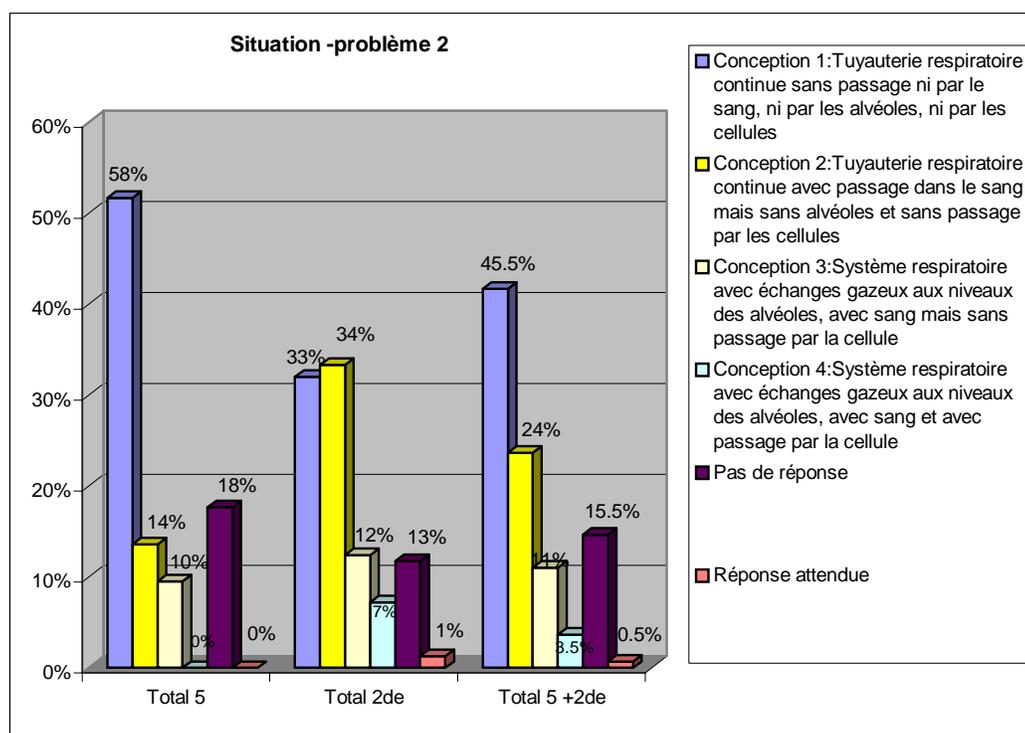
| Numéro et titre de la conception  | Cette conception comprend toutes les réponses se rapportant à ...   |
|---|---|
| <b>Conception 1 : Tuyauterie respiratoire continue<sup>91</sup> sans passage ni par le sang ni, par les alvéoles, ni par les cellules.</b>          | Entrée et sortie de l'air par la bouche sans passage dans les voies respiratoire et le sang <b>ou</b> schéma non annoté ne montrant pas le passage dans le sang <b>ou</b> voies respiratoires sans échange gazeux <b>ou</b> schéma annoté présentant les éléments de la respiration mécanique ne montrant pas le passage de l'air ni dans les poumons ni dans le sang |
| <b>Conception 2 : Tuyauterie respiratoire continue avec passage dans le sang mais sans alvéoles et sans passage par les cellules</b>                | Schéma non annoté montrant le passage par le sang + cœur <b>ou</b> Schéma non annoté montrant le passage par le sang sans le cœur <b>ou</b> voies respiratoires avec circulation sanguine arrivant aux organes sans passage par le cœur <b>ou</b> voies respiratoires avec circulation sanguine arrivant aux organes avec passage par le cœur                         |
| <b>Conception 3 : Système respiratoire avec échanges gazeux aux niveaux des alvéoles, avec passage par le sang mais sans passage par la cellule</b> | Voies respiratoires avec échanges gazeux avec le sang au niveau des alvéoles  |
| <b>Conception 4 : Système respiratoire avec échanges gazeux aux niveaux des alvéoles, avec passage par le sang et avec passage par la cellule</b>   | Voies respiratoires avec échanges gazeux avec le sang au niveau des alvéoles et au niveau de la cellule dans un schéma à part   |
| <b>Pas de réponse</b>   |   |
| <b>Réponse attendue</b>   | <b>Narine, Cavité nasale, Pharynx, Larynx, Trachée, Bronches, Poumons, Capillaires pulmonaires, Capillaires artériels, Secteur plasmatique, Sang, Cœur, Aorte, Cellules, Sang, Cœur, Poumons, Air expiré.</b>   |

<sup>91</sup> Ce modèle consiste à faire transiter l'air inspiré selon un courant, allant de la bouche et/ou du nez aux poumons et éventuellement son retour à la bouche et/ou au nez sous forme d'air expiré, en passant par les différentes parties du tube respiratoire, sans passer par le sang.



## Histogramme des résultats

Dans l'histogramme suivant sont présentés les pourcentages des élèves de Seconde et de Cinquième qui ont fait des schémas en réponse à la « situation-problème 2 ». Les réponses ont été regroupées en conceptions, ce qui nous permet d'avoir une vue globale des liens mobilisés entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques.



Histogramme 0-2: pourcentage des élèves de Cinquième et de Seconde qui ont mobilisé des liens entre le système respiratoire et le système circulatoire

## Observations

- 33% des élèves de Seconde et 58% des élèves de Cinquième fonctionnent selon la conception de la « tuyauterie respiratoire continue ». Ces élèves ont fait des schémas montrant le passage de l'air inspiré de la bouche et/ou du nez, jusqu'aux poumons et un retour direct de l'air expiré à la bouche, en citant certains éléments du tube respiratoire, sans évoquer ni les échanges gazeux au niveau des alvéoles, ni la respiration cellulaire.
- 34% des élèves de Seconde et 14% des élèves de Cinquième fonctionnent selon la même conception, sauf qu'ils ont ajouté à cette « tuyauterie respiratoire continue », la circulation sanguine, sans évoquer les échanges gazeux au niveau des alvéoles pulmonaires.

– 12% des élèves de Seconde et 10% des élèves de Cinquième ont présenté dans leurs schémas, des liens entre le système respiratoire, les échanges gazeux au niveau des alvéoles et le sang. Mais ils n'ont pas évoqué les échanges respiratoires cellulaires.

– 7% seulement des élèves de Seconde et 0% des élèves de Cinquième ont présenté dans leurs schémas, des liens entre le système respiratoire, les échanges gazeux au niveau des alvéoles et le sang et ont évoqué les échanges respiratoires cellulaires. 1% seulement des élèves de Seconde ont donné la réponse attendue !

– Il est intéressant de signaler certaines réponses que nous considérons comme étant des « liens bizarres<sup>92</sup> » : 2% des élèves de Seconde et 7% des élèves de Cinquième ont fait des schémas annotés incluant des éléments du tube digestif (œsophage et estomac) dans les voies respiratoires !

## Interprétation des résultats

Les résultats mentionnés ci-dessus permettent d'émettre les hypothèses suivantes :

Les pourcentages très élevés des élèves qui fonctionnent selon le modèle de « la tuyauterie respiratoire continue » sont indicateurs d'un obstacle important au niveau de la notion de « d'échange respiratoire ».

Cet obstacle d'échange gazeux se manifeste à deux niveaux :

- Au niveau des échanges alvéolaires.
- Au niveau des échanges respiratoires cellulaires.

Pour certains élèves, l'air inspiré retourne au nez et à la bouche sous forme d'air expiré sans passer par le sang ! A quoi servirait la respiration dans ce cas ? Quel problème physiologique permet-elle de résoudre ? Nous retrouvons, à nouveau les difficultés que les élèves rencontrent à mobiliser des liens entre le système respiratoire et le système circulatoire d'une part, et entre le système circulatoire et la cellule d'autre part. Nous pensons que les enseignants consacrent peu de temps à la construction de ce type de liens, au cours de leur enseignement. Cependant, nous remarquons que les liens construits entre le système respiratoire et le système circulatoire sont mieux mobilisés par les élèves, à comparer avec les liens qu'ils mobilisent entre le système digestif et le système circulatoire. Le concept de « respiration cellulaire » semble soulever des difficultés : 4% seulement des élèves y pensent. Par ailleurs, très peu d'élèves arrivent à donner la réponse

---

<sup>92</sup> Ne figurent pas dans l'histogramme.

concernant les liens attendus entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques (1% des élèves de Seconde) !

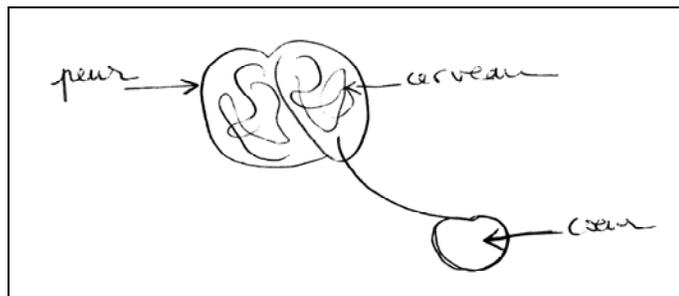
**Interrelations entre le système nerveux et les systèmes : circulatoire, respiratoire & digestif**

L'objectif de cette section est d'identifier les conceptions des élèves concernant leur capacité à relier les connaissances en physiologie, à travers l'analyse de leurs schémas (figuratifs ou conceptuels) proposés, à la question suivante :

**Situation-problème 3 : Gabriel regarde un film d'horreur à la télévision. Son rythme respiratoire et son rythme circulatoire augmentent. Faites un schéma annoté montrant par quels mécanismes ses rythmes augmentent-ils. Indiquez tous les organes impliqués.**

Le but est de se renseigner sur les liens mobilisés entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques analysés (le système circulatoire, le système respiratoire et le système digestif). Les différents schémas obtenus ont été d'abord regroupés par question et ensuite par conceptions.

*Exemple : Si en réponse à la situation-problème 3, un élève a dessiné un schéma annoté montrant une activité cérébrale ; nous considérons que sa réponse appartient à la conception 1 « lien entre le sentiment de peur et le système nerveux ».*



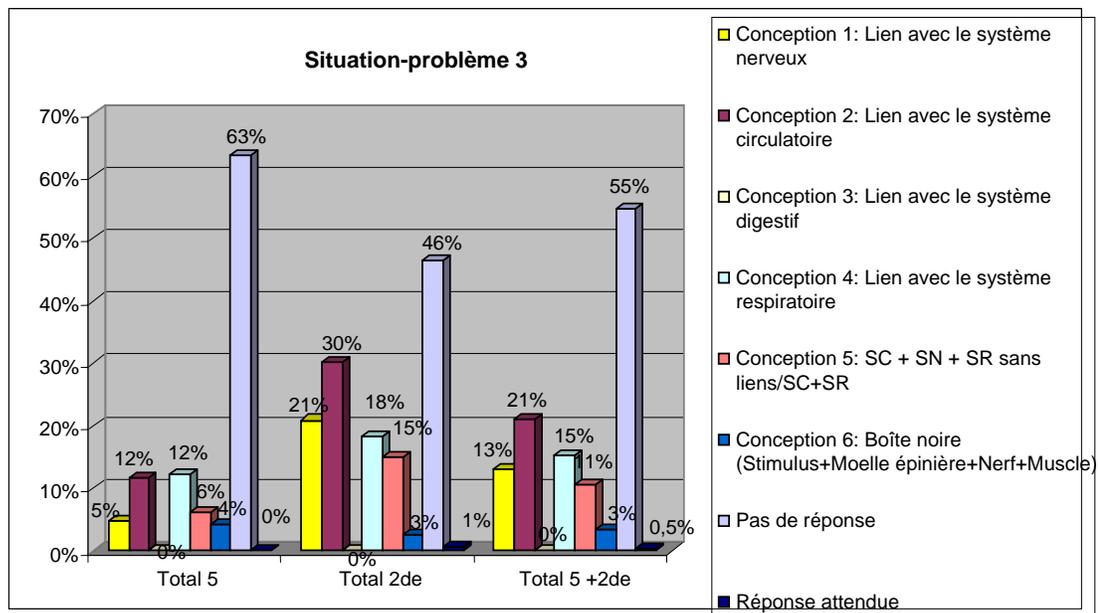
*Conception reliant le sentiment de peur au cerveau (élève de Seconde)*

| Numéro et titre de la conception                        | Cette conception comprend toutes les réponses se rapportant à ... |
|---|---|
| <b>Conception 1 : Lien avec le système nerveux</b>      | Schéma non annoté présentant un cerveau                           |
| <b>Conception 2 : Lien avec le système circulatoire</b> | Schéma non annoté présentant un cœur                              |
| <b>Conception 3 : Lien avec le système digestif</b>     | Schéma présentant un estomac, un nutriment (glucose)              |
| <b>Conception 4 : Lien avec le</b>                      | Schéma présentant le diaphragme qui s'élève et qui s'abaisse      |

|   |  |
|---|--|
| <i>système respiratoire</i>   |  |
| <i>Conception 5 : Systèmes nerveux, circulatoire et respiratoire, sans liens.</i> | <i>Des schémas séparés montrant un cerveau, des vaisseaux sanguins et des poumons sans aucun lien entre les vaisseaux sanguins et les poumons</i>                      |
| <i>Conception 6 : Boîte noire</i>   | <i>Schéma présentant un circuit : stimulus, moelle épinière, nerf et muscle</i>  |
| <i>Pas de réponse</i>   |  |
| <i>Réponse attendue</i>   | <i>Schéma présentant les éléments suivants : système nerveux, Cœur, Fréquence cardiaque, Poumons, Rythme respiratoire, augmentation de la consommation de glucose.</i> |

## Histogramme des résultats

Dans l'histogramme suivant sont présentés les pourcentages des élèves de Seconde et de Cinquième qui ont fait des schémas en réponse à la « situation-problème 3 ». Les réponses ont été regroupées en conceptions, ce qui nous permet d'avoir une vue globale des liens mobilisés entre le sentiment de peur, le système nerveux, le système digestif, le système circulatoire et le système respiratoire.



Histogramme 0-3: pourcentage des élèves de Cinquième et de Seconde qui ont mobilisé des liens entre le sentiment de peur et le système nerveux, le système circulatoire, le système respiratoire et le système digestif

## Observations

- 21% des élèves de Seconde seulement et 5% des élèves de Cinquième ont mobilisé un lien entre le système nerveux au sentiment de peur
- 30% des élèves de Seconde et 12% des élèves Cinquième ont mobilisé des liens entre le sentiment de peur et le système circulatoire.

- 0% des élèves ont mobilisé des liens avec le système digestif.

- 18% seulement des élèves de Seconde et 12% des élèves de Cinquième ont mobilisé des liens entre le sentiment de peur et le système respiratoire.
- 15% des élèves de Seconde et 6% des élèves de Cinquième ont fait des schémas montrant des éléments de plusieurs systèmes physiologiques sans aucun lien entre ces systèmes évoqués.
- 3% des élèves de Seconde et 4% des élèves de Cinquième continuent à fonctionner selon le modèle de la « boîte noire », reliant directement le stimulus à la réponse réflexe.
- Il serait important de relever les pourcentages élevés des élèves (46% en Seconde 63% en Cinquième) qui n'ont donné aucune réponse à cette troisième situation-problème !
- 1% des élèves de Seconde et 0% des élèves de Cinquième ont donné la réponse attendue.

## Interprétation des résultats

Les résultats mentionnés ci-dessus permettent d'émettre les hypothèses suivantes :

Cette « situation-problème 3 » semble poser le plus de difficultés, vu sa complexité. Nous remarquons que peu d'élèves ont mobilisé des liens entre le sentiment de peur et le système nerveux. Nous pensons que le clivage, tel qu'il a été repéré à travers les réponses obtenues, entre les émotions considérées par les élèves comme « émanant du cœur », et le système nerveux « structures biologiques à la base de l'émergence de ces émotions », constitue, pour ces élèves, un obstacle épistémologique, déjà plusieurs fois identifié dans les recherches en didactique.

Par ailleurs, les pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens entre le sentiment de peur et le système respiratoire sont bas. Nous pensons que le sentiment de peur, tel qu'il est conceptualisé par les élèves, est indépendant des systèmes physiologiques. Cette hypothèse semble être confirmée par le pourcentage d'élèves qui fonctionnent selon la conception suivante : Un clivage existe entre le corps et le cerveau. Selon les élèves, les émotions émanent du corps, le cerveau sert à penser et le système nerveux est impliqué dans les réflexes. Pour ces élèves, le traitement des informations n'implique pas le cerveau. Ce morcellement des connaissances pourrait être interprété, entre autres, par les cours et les manuels insistant sur l'implication du système nerveux dans les actes réflexes et non dans l'émergence des émotions.

Le morcellement des connaissances est d'autant plus saillant chez ces élèves, si nous analysons leurs schémas qui montrent des éléments des systèmes circulatoires, nerveux et respiratoire sans présenter aucun lien entre ces éléments. Nous pensons que les moments de structurations cognitives (moments d'enseignement pendant lesquels l'enseignant fait faire aux élèves des exercices nécessitant la construction de liens entre différents concepts enseignés) demeurent insuffisants et souvent, inexistantes.

Nous remarquons aussi que le pourcentage des élèves qui n'ont pas répondu à cette question (la situation-problème 3) est très élevé. Ceci est dû à la complexité de la situation qui nécessite les liens que nous appelons « liens en ricochet ». Nous désignons par « liens en ricochet » ou « liens en réseaux » les liens indirects, complexes et non linéaires nécessitant, à la fois, la mobilisation de plusieurs concepts.

## **Partie II: Traitement des réponses obtenues aux questions fermées**

Cette partie est divisée en trois sections :

### *SECTION A- Analyse des résultats en fonction des différents systèmes physiologiques.*

L'objectif de cette section est d'identifier les conceptions des élèves en rapport avec les liens construits entre les différents concepts enseignés en physiologie. Notre but est d'abord, d'analyser de façon globale les liens que les élèves parviennent à mobiliser entre le système digestif, le système respiratoire, le système circulatoire et le système nerveux.

Dans le cadre de l'analyse de chacun des systèmes physiologiques, seront traités :

- ❖ **Les relations établies entre un système physiologique donné et tous les items<sup>93</sup> du questionnaire** : les pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens entre un système donné et les autres systèmes physiologiques seront répartis par ordre décroissant. Ceci permet de visualiser les liens les plus facilement mobilisés par les élèves.
- ❖ **Les interrelations entre un système donné et les autres systèmes physiologiques** : les liens mobilisés par système physiologique seront analysés en détail. Dans cette étude, seront comparés aussi des résultats qui présentent des écarts significatifs, résultats « contrastés ». C'est à dire, des pourcentages élevés se rapportant aux élèves qui mobilisent un grand nombre de liens avec des

---

<sup>93</sup> Item : Dans le questionnaire, plusieurs éléments de chacun des systèmes physiologiques analysés sont cités. Chacun des éléments est qualifié d'item. Ex : œsophage, nerf, stress etc.

pourcentages bas se rapportant aux élèves qui mobilisent peu de liens. Cette comparaison permet d'identifier les liens que les élèves n'arrivent pas à mobiliser.

### SECTION B- Etude de l'impact de l'inversion de la question sur les réponses obtenues.

Dans le questionnaire, nous retrouvons certaines questions redondantes : par exemple, une première partie qui demande aux élèves de relier le système digestif aux nerfs (lien système digestif → système nerveux) et une autre partie qui demande aux élèves de relier le système nerveux à l'œsophage (lien système nerveux → système digestif). Le but de l'analyse de cette partie est de savoir si l'inversion de la question influe sur les réponses obtenues.

### SECTION C- Étude de l'impact des conceptions d'origine sociale sur les conceptions d'origine scolaire.

Certaines réponses nous renseignent sur l'influence des conceptions sociales. Il serait donc intéressant d'analyser l'impact des conceptions d'origine scolaire sur les conceptions d'origine sociale et inversement.

### Analyse des résultats en fonction des différents systèmes physiologiques.

Cette partie met en évidence les liens mobilisés par les élèves de Seconde et de Cinquième entre les systèmes physiologiques suivants :

SD : le système digestif  
SR : le système respiratoire  
SC : le système circulatoire  
SN : le système nerveux

L'analyse sera élaborée selon trois axes:

1. Liens mobilisés entre chaque système physiologique et tous les autres.
2. Liens mobilisés entre les systèmes physiologiques, le système nerveux et les facteurs psychoaffectifs (FPA) comme la peur, le stress et l'état affectif.
3. Liens mobilisés avec un concept considéré assez peu acquis par les élèves (du moins en biologie): celui de « l'énergie »<sup>94</sup>.

Les résultats obtenus ont été regroupés, analysés et interprétés. Un mode unique de présentation des résultats a été adopté afin de faciliter leur lisibilité.

---

<sup>94</sup> Nous considérons que le concept d'énergie est un concept peu acquis par les élèves (du moins en biologie) car nous partons de l'hypothèse que le concept d'énergie en lien avec les systèmes physiologiques n'est pas largement pris en considération au cours de l'apprentissage.

## Présentation des résultats

Les résultats sont présentés sous forme de figures, d'histogrammes et de tableaux.

- Dans les figures sont présentés, par ordre décroissant, les pourcentages des élèves qui ont réussi à mobiliser les liens entre tous les éléments proposés d'un système physiologique donné. Le but n'étant point de s'attarder sur les valeurs, mais plutôt d'avoir une vue globale des résultats, l'ensemble des élèves de Cinquième et de Seconde a été formé.

- Dans les histogrammes, nous avons présenté uniquement les pourcentages des élèves qui parviennent à mobiliser 50% à 100% des liens attendus. Ce choix pour les histogrammes, est lié au fait que nous considérons que la norme internationale de réussite correspond à une valeur supérieure ou égale à 50% des réponses attendues (valeur visualisée directement dans les histogrammes).

- Dans les tableaux, nous pouvons lire les pourcentages des élèves qui parviennent à mobiliser 0% à 25% des liens attendus, 25% à 50%, 50% à 75% et enfin de 75% à 100% des liens attendus. Ce choix de catégorisation des résultats par tranche de 25% est lié au fait que nous voulons éviter une analyse réductrice du genre 0% et 100% juste. A ce niveau là, l'affichage des informations se fait par niveau de classe : Cinquième d'une part et Seconde d'autre part.

Le symbole « → » désigne le lien entre le système X et le système Y. Les % désignent les pourcentages des élèves qui mobilisent ce lien.

### Exemple :

| Système X | → Système Y | ... | Anatomie | Réponses attendues |
|-----------|-------------|-----|----------|--------------------|
| [75-100]  |             |     |          | 8%                 |
| [50-75]   | 22%         |     |          |                    |
| [25-50]   |             |     | 17%      |                    |
| [0-25]    |             |     |          |                    |

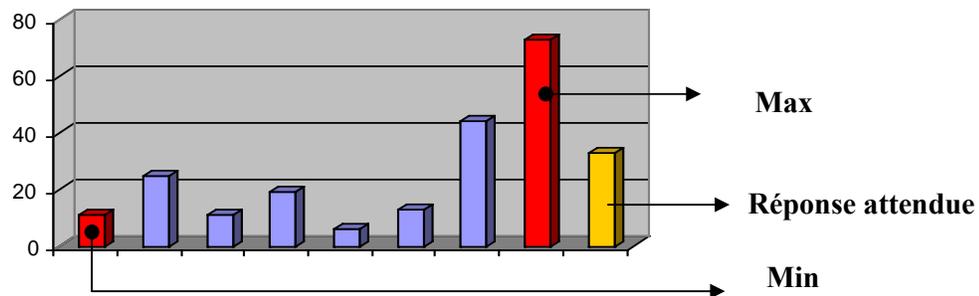
Dans la colonne « Anatomie » se trouve le pourcentage des élèves qui ont mobilisé des liens, dans une tranche de 25% entre le Système X et ses éléments anatomiques correspondants comme par exemple le pourcentage des élèves qui relie l'œsophage, l'estomac etc. au système digestif.

Dans la colonne « Réponses attendues », se trouve le pourcentage des élèves qui mobilisent tous les liens attendus, dans une tranche de 25%, avec le système X comme par exemple les élèves qui relient le système respiratoire aux items suivants du questionnaire: L'oxygène, le rythme respiratoire, les besoins en énergie, l'oxydation des nutriments, l'effort physique, la ventilation pulmonaire et la consommation d'oxygène au niveau des muscles.

**Exemples relatifs au tableau ci-dessus :**

- 22% des élèves ont mobilisé entre 50 et 75% des liens entre le Système X et le Système Y.
- 17% des élèves ont identifié entre 25 et 50% des éléments anatomiques correspondant au Système X.
- 8% des élèves ont mobilisé entre 75 et 100% de tous les liens attendus entre les systèmes physiologiques et le système X.

Par ailleurs, la présentation sous forme d'histogramme permet de visualiser les pourcentages des élèves qui ont mobilisé 50% à 100% des liens attendus pour un système physiologique donné. Cet histogramme permet de visualiser autrement les résultats obtenus pour une meilleure interprétation.



Dans les histogrammes :

- Les colonnes qui représentent le pourcentage maximal et le pourcentage minimal ont été teintées en rouge.
- La colonne teintée en jaune représente le pourcentage des élèves qui ont produit 50% à 100% de la réponse attendue. Ils auraient donc obtenu au moins la moyenne, dans un système de correction de type scolaire. C'est-à-dire l'équivalent d'une note supérieure ou égale à 10/20.

Le traitement statistique :

Dans cette partie sont comparés les résultats qui présentent des écarts significatifs. La comparaison est faite entre les pourcentages des élèves les plus divergents pour une question donnée (résultats contrastés). Ces résultats ont fait l'objet d'un traitement statistique. Seuls les écarts statistiquement significatifs ont été retenus, pour avoir des informations sur les pourcentages des élèves qui mobilisent un type de lien, entre un système physiologique et un autre. Le traitement statistique nous permet de répondre à la question suivante : dans quelle mesure l'écart observé au niveau de l'échantillon testé n'est-il pas dû au hasard et représente-t-il la population ?

## LE SYSTEME DIGESTIF

L'objectif de cette section est d'identifier les conceptions des élèves concernant les liens construits entre le système digestif d'une part et les autres systèmes physiologiques analysés d'autre part (le système respiratoire, le système circulatoire et le système nerveux). Les réponses n'ont été ni regroupées ni comparées. Notre but est d'abord, d'analyser de façon globale les liens que les élèves parviennent à mobiliser entre ces différents systèmes. Nous analyserons les points suivants :

- ❖ Les relations établies entre le système digestif et tous les items<sup>95</sup> du questionnaire.
- ❖ Les interrelations entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques.

### **RELATIONS ETABLIES ENTRE LE SYSTEME DIGESTIF ET TOUS LES ITEMS DU QUESTIONNAIRE**

Dans ce tableau, sont présentés les pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens entre le système digestif et plusieurs groupes de mots, chaque groupe se rapportant à un système physiologique donné. L'analyse de ce tableau permet de visualiser l'ensemble des liens que les élèves mobilisent entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques (le système respiratoire, le système circulatoire et le système nerveux).

***En référence à la question « Est (Sont) concerné(s), par le système digestif ? », les élèves de Cinquième et de Seconde ont identifié les items comme marqués ci-dessous :***

---

<sup>95</sup> Item : Dans le questionnaire, plusieurs éléments de chacun des systèmes physiologiques analysés sont cités. Chacun des éléments est qualifié d'item. Ex : œsophage, nerf, stress etc.

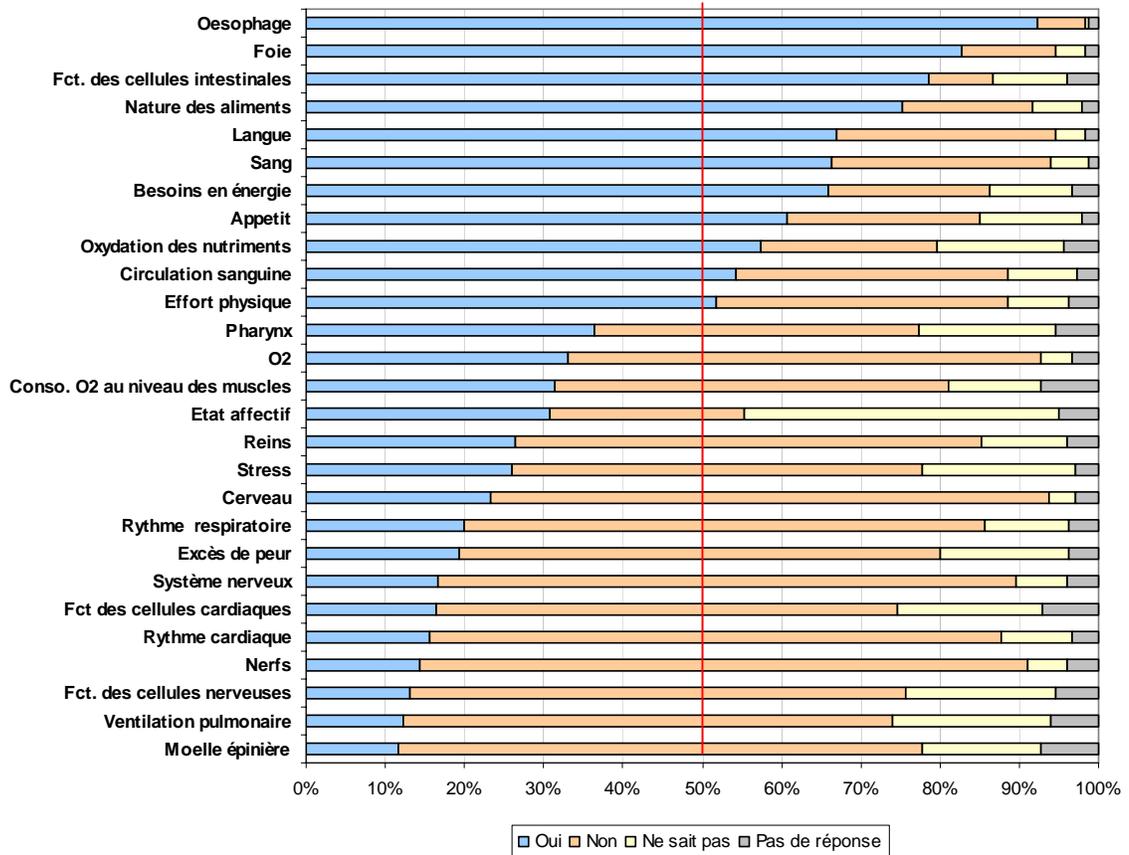


Figure 0-1: répartition (par ordre décroissant) des liens mobilisés entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques

### Observations

*92% des élèves ont réussi à relier l'œsophage au système digestif. Par contre, la moelle épinière reste l'élément le moins relié au système digestif, par les élèves (12%). En analysant de près les différents pourcentages présentés dans la figure ci-dessus, nous remarquons que nombreux sont les élèves (pourcentage supérieur ou égal à 50% des élèves) qui mobilisent des liens attendus<sup>96</sup> entre le système digestif et : l'œsophage, le foie, le fonctionnement des cellules intestinales, la nature des aliments, la langue, le sang, les besoins en énergie, l'appétit, l'oxydation des nutriments, la circulation sanguine, et l'effort physique. Par contre peu d'élèves (pourcentage bas) arrivent à relier les items comme le pharynx, le dioxygène, la consommation de dioxygène au niveau des muscles, l'état affectif, le stress, le cerveau, le rythme respiratoire, la peur, le système nerveux, le fonctionnement des cellules cardiaques, le rythme cardiaque, les nerfs, le fonctionnement des cellules nerveuses et la ventilation pulmonaire et la moelle épinière, au système digestif.*

## INTERRELATIONS ENTRE LE SYSTEME DIGESTIF ET LES AUTRES SYSTEMES PHYSIOLOGIQUES

A ce stade, nous présentons en détail, les liens que les élèves arrivent à mobiliser entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques mais en regroupant les mots par système physiologique. Le but de ce regroupement est de pouvoir identifier les liens que les élèves mobilisent entre les différents systèmes analysés. Pour cela, les mêmes données

<sup>96</sup> Toutes les réponses ou les liens attendus ont été validé par un expert en physiologie (voir méthodologie).

de la figure précédente ont été regroupées d'une autre manière, de façon à mettre en relief les conceptions des élèves concernant le système digestif et sa relation avec les autres systèmes physiologiques.

Ci-dessous se retrouvent réparties, par système physiologique, les réponses que les élèves doivent choisir dans le questionnaire, autrement dit, les réponses attendues.

**Exemple : un élève ayant marqué que les nerfs, le cerveau, le système nerveux et le fonctionnement des cellules nerveuses sont en relation avec le système digestif, est un élève qui mobilise les liens existants entre le système nerveux et le système digestif.**

| <i>Lien entre le Système digestif et...</i>  | <i>Réponse(s) attendue(s) dans le questionnaire</i>   |
|--|---|
| <b>... le système nerveux</b>  | <b>Les nerfs, le cerveau, le système nerveux et le fonctionnement des cellules nerveuses</b>  |
| <b>Les facteurs psychoaffectifs</b>  | <b>L'appétit, le stress, l'excès de peur et l'état affectif</b>   |
| <b>le système nerveux et les facteurs psychoaffectifs</b>                              | <b>Les résultats mentionnés dans les deux cases ci-dessus.</b>  |
| <b>le système circulatoire</b>   | <b>Le sang, le rythme cardiaque, le fonctionnement des cellules cardiaques et la circulation sanguine</b>   |
| <b>le système respiratoire</b>   | <b>Le rythme respiratoire et la ventilation pulmonaire</b>  |
| <b>le système circulatoire et le système respiratoire</b>                              | <b>Les résultats mentionnés dans les deux cases ci-dessus.</b>  |
| <b>le système respiratoire, l'oxydation des nutriments et les besoins énergétiques</b> | <i>L'oxygène, le rythme respiratoire, les besoins en énergie, l'oxydation des nutriments, l'effort physique, la ventilation pulmonaire et la consommation d'oxygène au niveau des muscles</i> |
| <b>Les éléments du système digestif</b>  | <i>L'œsophage, le foie, la langue et le pharynx</i>   |

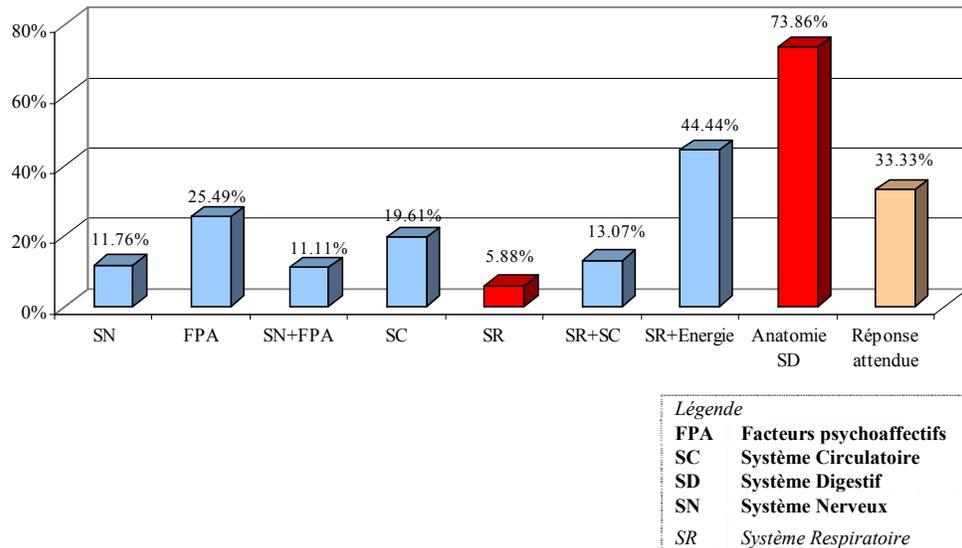
Les deux tableaux ci-dessous présentent les pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques. Chaque colonne représentant un système est le résultat du regroupement des mots dans les réponses obtenues au questionnaire. Les résultats sont présentés par tranche de 25% pour éviter une analyse réductrice de 0% ou 100% juste. Ces résultats sont présentés sous forme de tableaux et d'histogrammes. Dans les tableaux, nous pouvons lire les pourcentages des élèves qui parviennent à mobiliser 0% à 25% des liens attendus, 25% à 50%, 50% à 75% et enfin de 75% à 100% des liens attendus. Par contre, dans les histogrammes, nous avons présenté uniquement les pourcentages des élèves qui parviennent à mobiliser 50% à 100% des liens attendus. Ce choix, pour les histogrammes, est lié au fait que nous considérons que la norme internationale de réussite correspond à une valeur supérieure ou égale à 50% des réponses attendues (valeur visualisée directement dans les histogrammes). Dans l'analyse des histogrammes, nous avons fait le choix de nous limiter à ceux qui présentent les pourcentages les plus élevés, les pourcentages les plus bas et ceux de la réponse attendue.

| <i>Classe : SECONDE</i> |        |        |           |        |        |          |               |             |                  |
|-------------------------|--------|--------|-----------|--------|--------|----------|---------------|-------------|------------------|
| Système Digestif        | →SN    | →FPA   | →(SN+FPA) | →SC    | →SR    | →(SR+SC) | →(SR+Energie) | Anatomic SD | Réponse attendue |
| 75-100                  | 4.58%  | 12.42% | 1.31%     | 8.50%  | 5.88%  | 5.88%    | 7.19%         | 27.45%      | 2.61%            |
| 50-75                   | 7.19%  | 13.07% | 9.80%     | 11.11% | 0.00%  | 7.19%    | 37.25%        | 46.41%      | 30.72%           |
| 25-50                   | 10.46% | 16.99% | 27.45%    | 33.99% | 17.65% | 45.75%   | 32.68%        | 20.92%      | 56.21%           |
| 0-25                    | 77.78% | 57.52% | 61.44%    | 46.41% | 76.47% | 41.18%   | 22.88%        | 5.23%       | 10.46%           |

Tableau 0-1: pourcentage des élèves de Seconde qui ont mobilisé des liens entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques

| <i>Légende</i> |                          | SC | Système Circulatoire |
|----------------|--------------------------|----|----------------------|
| →              | Lien avec le ...         | SD | Système Digestif     |
| FPA            | Facteurs psychoaffectifs | SN | Système Nerveux      |
|                |                          | SR | Système Respiratoire |

Classe : **SECONDE**



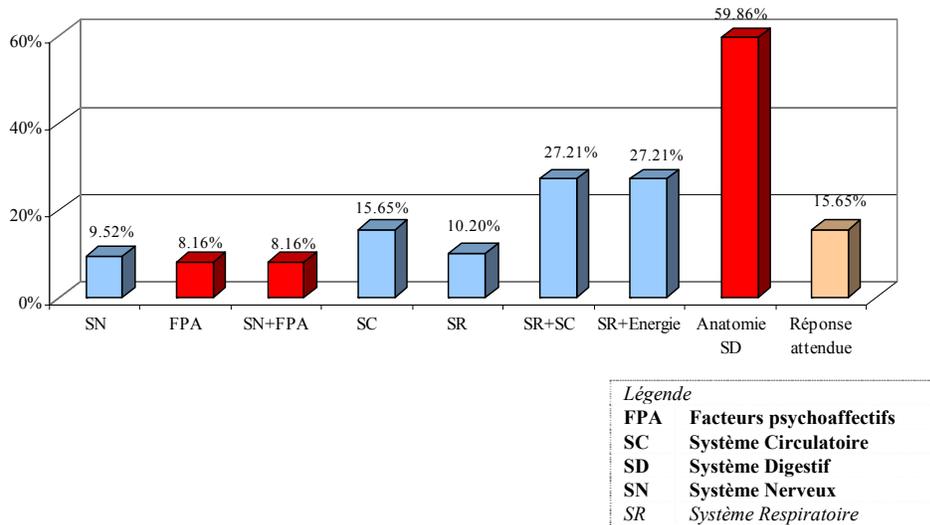
Histogramme 0-4: pourcentage des élèves de seconde qui ont mobilisé entre 50 et 100% des liens entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques

Classe : **CINQUIEME**

| Système Digestif | →SN    | →FPA   | →(SN+FPA) | →SC    | →SR    | →(SR+SC) | →(SR+Energie) | Anatomie SD | Réponse attendue |
|------------------|--------|--------|-----------|--------|--------|----------|---------------|-------------|------------------|
| ]75-100]         | 4.76%  | 1.36%  | 2.72%     | 2.72%  | 10.20% | 3.40%    | 6.12%         | 12.24%      | 1.36%            |
| ]50-75]          | 4.76%  | 6.80%  | 5.44%     | 12.93% | 0.00%  | 23.81%   | 21.09%        | 47.62%      | 14.29%           |
| ]25-50]          | 6.80%  | 17.69% | 18.37%    | 37.41% | 25.85% | 45.58%   | 40.82%        | 29.93%      | 65.31%           |
| ]0-25]           | 83.67% | 74.15% | 73.47%    | 46.94% | 63.95% | 27.21%   | 31.97%        | 10.20%      | 19.05%           |

Tableau 0-2: pourcentage des élèves de Cinquième qui ont mobilisé des liens entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques

Classe : **CINQUIEME**



Histogramme 0-5: pourcentage des élèves de Cinquième qui ont mobilisé entre 50 et 100% des liens entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques

## Observations

D'après les histogrammes :

- 73,86 % des élèves de Seconde et 59,86% des élèves de Cinquième mobilisent des liens entre les **éléments anatomiques du système digestif** (œsophage, foie, langue, pharynx) et le système digestif lui-même.
- 5,88% seulement des élèves de Seconde et 10,20% des élèves de Cinquième mobilisent des liens entre le **système digestif** et le **système respiratoire**.
- Quant aux liens attendus entre le **système digestif** et le **système nerveux**, les pourcentages sont bas : 11,76% chez les élèves de Seconde qui ont mobilisé 50% à 100% des liens attendus et à 9,52% chez les élèves de Cinquième.
- Rares sont les élèves qui mobilisent des liens entre le **système digestif** et les **systèmes respiratoire et circulatoire** : 13,07% des élèves de Seconde ont mobilisé plus que 50% des liens attendus, 27,21% en Cinquième.
- 44,44% des élèves de Seconde et 27,21% des élèves de Cinquième mobilisent des liens entre le **système digestif**, le **système respiratoire** et le concept d'**énergie**.
- Le pourcentage des élèves qui ont réussi à mobiliser **tous les liens attendus**<sup>97</sup> avec le système digestif reste faible, avec 33,33% des élèves de Seconde qui ont 50% à 100% des liens attendus versus 15,65% des élèves de Cinquième.

### Analyse statistique :

La comparaison est faite entre les pourcentages des élèves les plus divergents pour une question donnée (résultats contrastés). Seuls les écarts statistiquement significatifs ont été retenus, pour avoir des informations sur les pourcentages des élèves qui mobilisent un type de lien, entre un système physiologique et un autre. Ces résultats ont fait l'objet d'un traitement statistique qui nous permet de savoir si les écarts observés au niveau de l'échantillon testé, entre les pourcentages des élèves qui mobilisent des liens entre le système digestif, le système nerveux et le système respiratoire, sont statistiquement significatifs ou bien s'ils sont dus au hasard. Une ligne a été ajoutée pour mieux visualiser le pourcentage des élèves qui ont mobilisé au moins 50% des liens attendus entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques.

---

<sup>97</sup> Liens construits entre le système digestif, le système nerveux, le système respiratoire et le système circulatoire.

|          | <i>Min</i>     |                  | <i>Max</i>  |
|----------|----------------|------------------|-------------|
|          | SD↔SN          | SD↔(SR +Energie) | Anatomie SD |
| ]75-100] | 4,67%          | 6,67%            | 20,00%      |
| ]50-75]  | 6,00%          | 29,33%           | 47,00%      |
| ]25-50]  | 8,67%          | 36,67%           | 25,33%      |
| ]0-25]   | 80,67%         | 27,33%           | 7,67%       |
| DS       | PV = 0.001 (S) |                  |             |
| ]50-100] | 10,67%         | 36%              | 67%         |

**Tableau 0-3: Comparaison des pourcentages « contrastés » des élèves de Seconde et de Cinquième qui mobilisent des liens entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques**

|         |                      |
|---------|----------------------|
| Légende |                      |
| SN      | Systeme nerveux      |
| SD      | Systeme Digestif     |
| SR      | Systeme Respiratoire |
| ↔       | Lien avec            |

Ce tableau montre que le plus grand nombre d'élèves (67% des élèves de Seconde et de Cinquième) mobilisent des liens entre les éléments anatomiques du système digestif (que nous qualifions de liens directs). Par contre, 10,67% seulement des élèves mobilisent des liens entre le système digestif et le système nerveux (que nous qualifions de liens ricochet ou en réseaux). Le traitement statistique montre que la différence obtenue entre les pourcentages des élèves est significative (PV inférieure à 5%).

### **INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LE SYSTEME DIGESTIF**

Les résultats mentionnés ci-dessus permettent d'émettre les hypothèses suivantes :

L'enseignement du système digestif semble être focalisé sur une approche plutôt descriptive de l'anatomie du « tube digestif ». Ceci permet d'expliquer le grand pourcentage des élèves qui parviennent à mobiliser des liens entre les éléments anatomiques du système digestif. En revanche, le rôle primordial que le système nerveux joue au niveau du système digestif, semble constituer un obstacle : très rares sont les élèves qui arrivent à mobiliser des liens entre le système nerveux et le système digestif. Ce constat se manifeste surtout en classe de Cinquième. Cet obstacle est dû à la marginalisation de la construction de ces liens au cours des enseignements scolaires. En effet, pendant l'enseignement de la digestion, le curriculum, les manuels scolaires et par

suite les enseignants insistent peu sur la construction des liens entre le système digestif et le système nerveux.

Le pourcentage des élèves qui arrivent à mobiliser des liens entre le système digestif, le système respiratoire et le concept d'énergie est bas (moins que 50% des élèves). Le pourcentage des élèves qui arrivent à mobiliser des liens entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques, notamment avec le système respiratoire et le système circulatoire, reste bas. Pourtant, nous retrouvons l'importance de ces liens aussi bien au niveau du curriculum qu'au niveau des manuels scolaires. Nous émettons à ce niveau-là deux hypothèses : les enseignants n'insistent pas suffisamment sur la construction de ces liens, et/ou les élèves se retrouvent incapables de mobiliser ces liens dans des situations complexes, c'est à dire en répondant à des situations-problèmes qui nécessitent la mobilisation de plusieurs concepts ensemble. Autrement dit, les élèves sont capables de mobiliser des liens directs (un ou deux liens par situation), mais ils manquent de vue globale pour pouvoir intégrer les différents systèmes physiologiques, dans une situation donnée : liens par ricochet (plusieurs concepts indirectement liés, dans une situation donnée).

Par ailleurs, nous remarquons qu'en classe de Seconde, la situation n'est pas meilleure. A part toutes les réflexions susdites, nous émettons l'hypothèse que la transposition du curriculum dans les manuels scolaires induit une dérive expérimentale : l'insistance sur l'enseignement assisté par ordinateur (ESAO) est très basée sur les mesures des volumes respiratoires (une approche très « chiffrée »). Ceci risque d'entraîner, par conséquent, un obstacle didactique important quant à la construction de liens par les élèves, entre les concepts enseignés. Cet enseignement focalisé sur le détail chiffré prend peu en considération les liens existants entre les différents systèmes physiologiques. L'élève se retrouve préoccupé à faire des calculs plutôt qu'à se construire une conception globale des systèmes physiologiques et de leurs interdépendances. C'est le risque d'un enseignement très pointilliste, important certes, mais insuffisant pour développer chez l'élève une cohérence conceptuelle.

## **LE SYSTEME RESPIRATOIRE**

L'objectif de cette section est d'identifier les conceptions des élèves concernant les liens construits entre le système respiratoire d'une part et les autres systèmes physiologiques analysés d'autre part (le système digestif, le système circulatoire et le système nerveux). Les réponses n'ont été ni regroupées ni comparées. Notre but étant d'abord, de visualiser

l'ensemble des liens que les élèves parviennent à mobiliser entre ces différents systèmes, nous analyserons les points suivants :

- ❖ Les relations établies entre le système respiratoire et tous les items<sup>98</sup> du questionnaire.
- ❖ Les interrelations entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques.

### **RELATIONS ETABLIES ENTRE LE SYSTEME RESPIRATOIRE ET TOUS LES ITEMS DU QUESTIONNAIRE**

Dans ce tableau, sont présentés les pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens entre le système respiratoire et plusieurs groupes de mots, chaque groupe se rapportant à un système physiologique donné. L'analyse de ce tableau permet de visualiser l'ensemble des liens que les élèves mobilisent entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques (le système digestif, le système circulatoire et le système nerveux).

***En référence à la question « Est (Sont) concerné(s), par le système respiratoire ? », les élèves de Cinquième et de Seconde ont identifié les items comme marqués ci-dessous :***

---

<sup>98</sup> Item : Dans le questionnaire, plusieurs éléments de chacun des systèmes physiologiques analysés sont cités. Chacun des éléments est qualifié d'item. Ex : œsophage, nerf, stress etc.

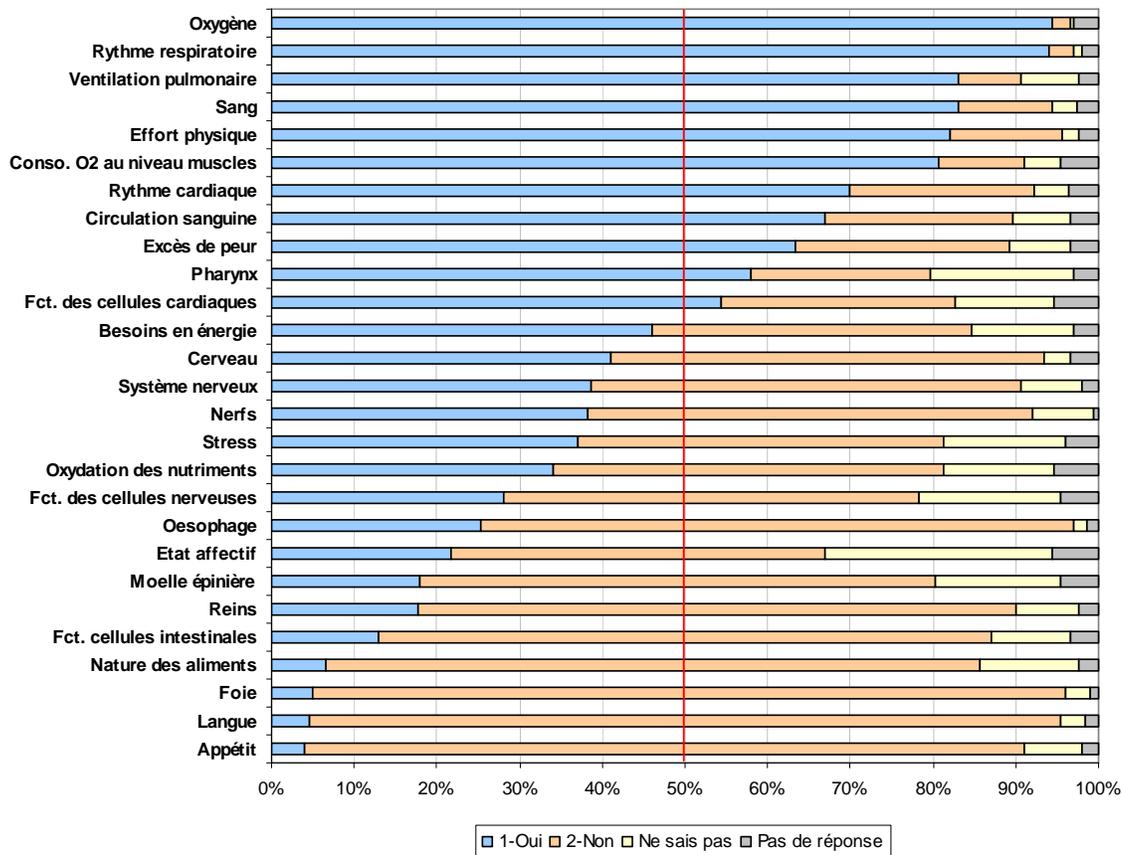


Figure 0-2: répartition (par ordre décroissant) des liens mobilisés entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques

## OBSERVATIONS

*Le pourcentage des élèves qui mobilisent des liens directs (liens entre le système respiratoire, l’oxygène, et le rythme respiratoire) est très élevé (supérieur à 90% des élèves). De même, un grand nombre d’élèves (pourcentage supérieur à 50% des élèves) arrivent à relier le système respiratoire à la ventilation pulmonaire, au sang, à l’effort physique, à la consommation de dioxygène au niveau des muscles, au rythme cardiaque, à la circulation sanguine, à l’excès de peur, au pharynx et au fonctionnement des cellules cardiaques. Cependant les liens construits entre le système respiratoire et les besoins en énergie d’une part et le système respiratoire et le système nerveux d’autre part restent mobilisés par peu d’élèves (les pourcentages des élèves qui relient ces systèmes sont inférieurs à 50%). Les pourcentages sont encore plus bas, si nous analysons ceux des élèves qui relient le système respiratoire à l’état affectif (22%) ou au fonctionnement des cellules intestinales (13%). Le résultat le plus étonnant reste le pourcentage relativement faible des élèves, (33% seulement) qui relient le système respiratoire à l’oxydation des nutriments, pourtant c’est un lien qui figure en détail dans les manuels scolaires des classes analysées.*

## INTERRELATIONS ENTRE LE SYSTEME RESPIRATOIRE ET LES AUTRES SYSTEMES PHYSIOLOGIQUES

A ce stade, nous présentons, en détail, les liens que les élèves arrivent à mobiliser entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques, et ce, en regroupant les mots par système physiologique. Le but de ce regroupement est de pouvoir identifier les liens

que les élèves mobilisent entre les différents systèmes analysés. Pour cela, les mêmes données de la figure précédente ont été regroupées d'une autre manière, de façon à mettre en relief les conceptions des élèves concernant le système respiratoire et sa relation avec les autres systèmes physiologiques.

Ci-dessous se trouvent réparties, par système physiologique, les réponses que les élèves doivent choisir dans le questionnaire, autrement dit, les réponses attendues.

**Exemple : un élève ayant marqué que les nerfs, le cerveau, le système nerveux et le fonctionnement des cellules nerveuses sont en relation avec le système respiratoire, est un élève conscient que le système nerveux est lié au système respiratoire.**

| <i>Lien entre le Système respiratoire et...</i>                                  | <i>Réponse(s) attendue(s) dans le questionnaire</i>  |
|--|--|
| <b>le système nerveux</b>  | <b>Les nerfs, le cerveau, le système nerveux et le fonctionnement des cellules nerveuses</b>   |
| <b>les facteurs psychoaffectifs</b>  | <b>Le stress, l'excès de peur et l'état affectif</b>   |
| <b>le système nerveux et les facteurs psychoaffectifs</b>                        | <b>Les résultats mentionnés dans les deux cases ci-dessus.</b>   |
| <b>le système circulatoire</b>   | <b>Le sang, le rythme cardiaque, le fonctionnement des cellules cardiaques et la circulation sanguine</b>  |
| <b>le système digestif</b>   | <b>La nature des aliments, le pharynx et le fonctionnement des cellules intestinales</b>   |
| <b>le système circulatoire et le système digestif</b>                            | <b>Les résultats mentionnés dans les deux cases ci-dessus.</b>   |
| <b>l'oxydation des nutriments, les besoins énergétiques et l'effort physique</b> | <b>L'oxygène, les besoins en énergie, l'oxydation des nutriments, l'effort physique, la consommation d'oxygène au niveau des muscles et le fonctionnement des cellules intestinales</b>  |
| <b>Tous les liens attendus</b>   | <i>Les nerfs, le cerveau, le système nerveux, le sang, l'oxygène, le rythme cardiaque, le stress, le fonctionnement des cellules cardiaques, l'excès de peur, le rythme respiratoire, les besoins en énergie, la circulation sanguine, l'état affectif, la nature des aliments, l'oxydation des nutriments, l'effort physique, le fonctionnement des cellules nerveuses, la ventilation pulmonaire, la consommation d'oxygène au niveau des muscles, le pharynx et le fonctionnement des cellules intestinales</i> |

Les deux tableaux suivants présentent les pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques. Chaque colonne représentant un système, est le résultat du regroupement des mots dans les réponses obtenues au questionnaire. Les résultats sont présentés par tranche de 25% pour éviter une analyse réductrice de 0% ou 100% juste. Dans les histogrammes, sont présentés les pourcentages des élèves qui mobilisent 50% à 100% des liens attendus). Dans l'analyse de ces histogrammes, nous avons fait le choix de nous limiter à ceux qui présentent les pourcentages les plus élevés, les pourcentages les plus bas et ceux de la réponse attendue.

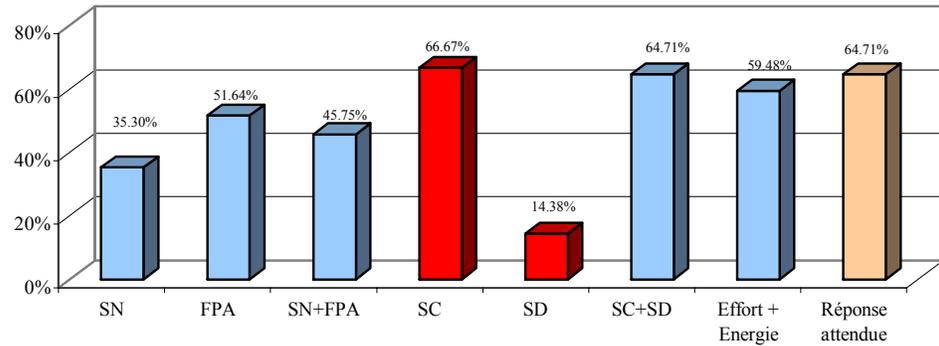
**Classe : SECONDE**

| Système Respiratoire | →SN    | →FPA   | →(SN+FPA) | →SC    | →SD    | →(SC+SD) | →Effort+ énergie | Réponse attendue |
|----------------------|--------|--------|-----------|--------|--------|----------|------------------|------------------|
| 75-100               | 17.65% | 19.61% | 17.65%    | 41.83% | 0.65%  | 10.46%   | 30.07%           | 14.38%           |
| 50-75                | 17.65% | 32.03% | 28.10%    | 24.84% | 13.73% | 54.25%   | 29.41%           | 50.33%           |
| 25-50                | 15.03% | 30.07% | 32.68%    | 18.30% | 66.01% | 26.80%   | 33.99%           | 31.37%           |
| 0-25                 | 49.67% | 18.30% | 21.57%    | 15.03% | 19.61% | 8.50%    | 6.54%            | 3.92%            |

Tableau 0-4: pourcentage des élèves de Seconde qui ont mobilisé des liens entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques

| Légende |                          | SC | Système Circulatoire |
|---------|--------------------------|----|----------------------|
| →       | Lien avec le ...         | SD | Système Digestif     |
| FPA     | Facteurs psychoaffectifs | SN | Système Nerveux      |

Classe : **SECONDE**



| Légende |                          |
|---------|--------------------------|
| FPA     | Facteurs psychoaffectifs |
| SC      | Système Circulatoire     |
| SD      | Système Digestif         |
| SN      | Système Nerveux          |

Histogramme 0-6: pourcentage des élèves de Seconde qui ont mobilisé entre 50 et 100% des liens entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques

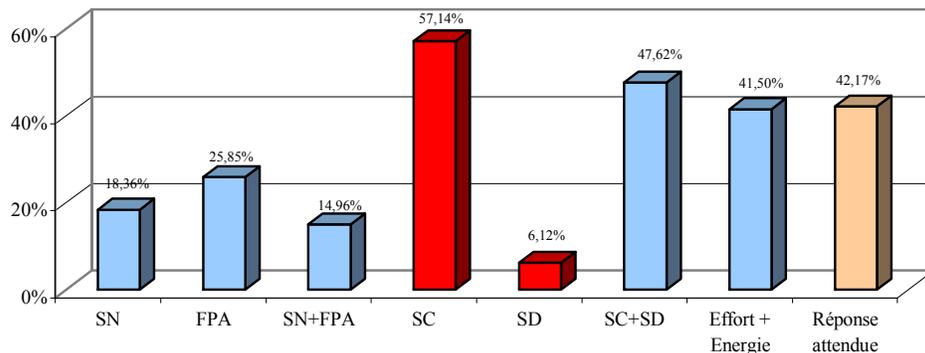
Classe : **CINQUIEME**

| Système Respiratoire | →SN    | →FPA   | →(SN+FPA) | →SC    | →SD    | →(SC+SD) | →(Effort +Energie) | Réponse attendue |
|----------------------|--------|--------|-----------|--------|--------|----------|--------------------|------------------|
| ]75-100]             | 8.84%  | 3.40%  | 7.48%     | 32.65% | 2.04%  | 1.36%    | 17.01%             | 6.12%            |
| ]50-75]              | 9.52%  | 22.45% | 7.48%     | 24.49% | 4.08%  | 46.26%   | 24.49%             | 36.05%           |
| ]25-50]              | 10.88% | 34.69% | 37.41%    | 20.41% | 44.90% | 39.46%   | 51.70%             | 51.02%           |
| ]0-25]               | 70.75% | 39.46% | 47.62%    | 22.45% | 48.98% | 12.93%   | 6.80%              | 6.80%            |

Tableau 0-5: pourcentage des élèves de Cinquième qui ont mobilisé des liens entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques

| Légende |                          | SC | Système Circulatoire |
|---------|--------------------------|----|----------------------|
| →       | Lien avec le ...         | SD | Système Digestif     |
| FPA     | Facteurs psychoaffectifs | SN | Système Nerveux      |

## Classe : CINQUIEME



| Légende |                          |
|---------|--------------------------|
| FPA     | Facteurs psychoaffectifs |
| SC      | Système Circulatoire     |
| SD      | Système Digestif         |
| SN      | Système Nerveux          |

Histogramme 0-7: pourcentage des élèves de Cinquième qui ont mobilisé entre 50 et 100% des liens entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques

## OBSERVATIONS

D'après les histogrammes :

- 66,67% des élèves de Seconde et 57,14% des élèves de Cinquième arrivent à relier le **système respiratoire** au **système circulatoire** (50% à 100% des liens attendus entre ces deux systèmes).
- En ce qui concerne les liens établis entre le **système respiratoire** et les systèmes **circulatoire** et **digestif** ensemble, les pourcentages s'élèvent à 64,71% en Seconde et à 47,62% en Cinquième. Par contre, les pourcentages chutent à 14,38% en Seconde et à 6,12% en Cinquième quand nous analysons les pourcentages des élèves ayant mobilisé le type de lien : système respiratoire/système digestif seul!
- 59,48% des élèves de Seconde et 41,5% des élèves de Cinquième mobilisent des liens entre le **système respiratoire**, l'**effort** et le concept d'**énergie**.
- 35,30% des élèves de Seconde et 18,36% des élèves de Cinquième mobilisent des liens entre le **système respiratoire** et le **système nerveux**.
- Les pourcentages des élèves qui ont réussi à mobiliser **tous les liens attendus**<sup>99</sup>, sont nettement élevés (64,71% des élèves de Seconde et 42,18% des élèves de Cinquième font 50% à 100% des liens). Ces pourcentages sont très élevés par rapport à ceux obtenus lors de l'analyse des liens mobilisés avec le système digestif.

<sup>99</sup> Liens construits entre le système respiratoire, le système nerveux, le système digestif et le système circulatoire.

### Analyse statistique

La comparaison est faite entre les pourcentages des élèves les plus divergents pour une question donnée (résultats contrastés). Seuls les écarts statistiquement significatifs ont été retenus, pour avoir des informations sur les pourcentages des élèves qui mobilisent un type de lien, entre un système physiologique et un autre. Ces résultats ont fait l'objet d'un traitement statistique qui nous permet de savoir si les écarts observés au niveau de l'échantillon testé, entre les pourcentages des élèves qui mobilisent des liens entre le système respiratoire, le système digestif, le système circulatoire et les facteurs psycho-affectifs, sont statistiquement significatifs ou bien s'ils sont dus au hasard. Une ligne a été ajoutée pour mieux visualiser le pourcentage des élèves qui ont mobilisé au moins 50% des liens attendus entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques.

|          | Min            |        | Max        |
|----------|----------------|--------|------------|
|          | SR↔FPA         | SR↔SD  | SR↔(SC+SD) |
| ]75-100] | 11,67%         | 1,33%  | 6,00%      |
| ]50-75]  | 27,33%         | 9,00%  | 50,33%     |
| ]25-50]  | 32,33%         | 55,67% | 33,00%     |
| ]0-25]   | 28,67%         | 34,00% | 10,67%     |
| DS       | PV = 0.001 (S) |        |            |
| ]50-100] | 39%            | 10,33% | 56,33%     |

Tableau 0-6: pourcentages « contrastés » des élèves de Seconde et de Cinquième qui mobilisent des liens entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| FPA | Facteurs Psychoaffectifs |
| SC  | Système Circulatoire     |
| SD  | Système Digestif         |
| SR  | Système Respiratoire     |
| ↔   | Lien avec                |

Ce tableau montre que très peu d'élèves (10,33% des élèves de Seconde et de Cinquième) mobilisent des liens entre le système respiratoire et le système digestif. 39% des élèves mobilisent des liens entre le système respiratoire et les facteurs psycho-affectifs. Par contre, si nous analysons les liens mobilisés entre le système respiratoire d'une part, et les deux autres systèmes pris ensemble (digestif et circulatoire), les pourcentages s'élèvent à 56,33%.

### **INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LE SYSTEME RESPIRATOIRE**

Les résultats mentionnés ci-dessus permettent d'émettre les hypothèses suivantes :

Les élèves de Seconde et de Cinquième semblent mieux réussir les liens construits entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques, notamment avec le système circulatoire. L'entrée par le système respiratoire pousse les élèves à penser au système circulatoire. D'ailleurs, si l'on veut analyser l'approche de ce lien, l'apprentissage dans les manuels scolaires, se fait à travers le système respiratoire. Sauf que nous remarquons que les pourcentages des élèves qui ont mobilisé le lien « respiration-circulation » est plus élevé chez les élèves de Seconde que chez les élèves de Cinquième. Sachant que ce lien est traité aussi bien en classe en Seconde qu'en Cinquième, nous constatons que la construction de type de lien est plus approfondie et mieux assimilée, en classe de Seconde.

Cependant, un obstacle important est identifié dans cette situation : il s'agit du lien « digestion- respiration ». Sachant que peu d'élèves mobilisent le lien entre respiration et consommation de glucose, nous pensons que les élèves ont des difficultés à relier le glucose résultant de la digestion au même glucose oxydé dans les chaînes respiratoires. Les enseignants insistent-ils sur la construction de ce type de lien ?

Avec le système respiratoire, nous remarquons de nouveau que la difficulté majeure demeure au niveau des liens mobilisés entre le système nerveux et le système respiratoire. 39% des élèves seulement relient les facteurs psychoaffectifs au système respiratoire, sauf si ces élèves ne considèrent pas que les facteurs psychoaffectifs soient liés au système nerveux!

## **LE SYSTEME CIRCULATOIRE**

L'objectif de cette section est d'identifier les conceptions des élèves concernant les liens construits entre le système circulatoire d'une part et les autres systèmes physiologiques analysés d'autre part (le système digestif, le système respiratoire et le système nerveux). Les réponses n'ont été ni regroupées ni comparées. Notre but étant de visualiser l'ensemble des liens que les élèves parviennent à mobiliser entre ces différents systèmes, nous analyserons les points suivants :

- ❖ Les relations établies entre le système circulatoire et tous les items<sup>100</sup> du questionnaire.
- ❖ Les interrelations entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques.

---

<sup>100</sup> Item : Dans le questionnaire, plusieurs éléments de chacun des systèmes physiologiques analysés sont cités. Chacun des éléments est qualifié d'item. Ex : œsophage, nerf, stress etc.

## RELATIONS ETABLIES ENTRE LE SYSTEME CIRCULATOIRE ET TOUS LES ITEMS DU QUESTIONNAIRE

Dans ce tableau, sont présentés les pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens entre le système respiratoire et plusieurs groupes de mots, chaque groupe se rapportant à un système physiologique donné. L'analyse de ce tableau permet de visualiser l'ensemble des liens que les élèves mobilisent entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques (le système digestif, le système respiratoire et le système nerveux).

*En référence à la question « Est (Sont) concerné(s), par le système circulatoire ? », les élèves de Cinquième et de Seconde ont identifié les items comme marqués ci-dessous :*

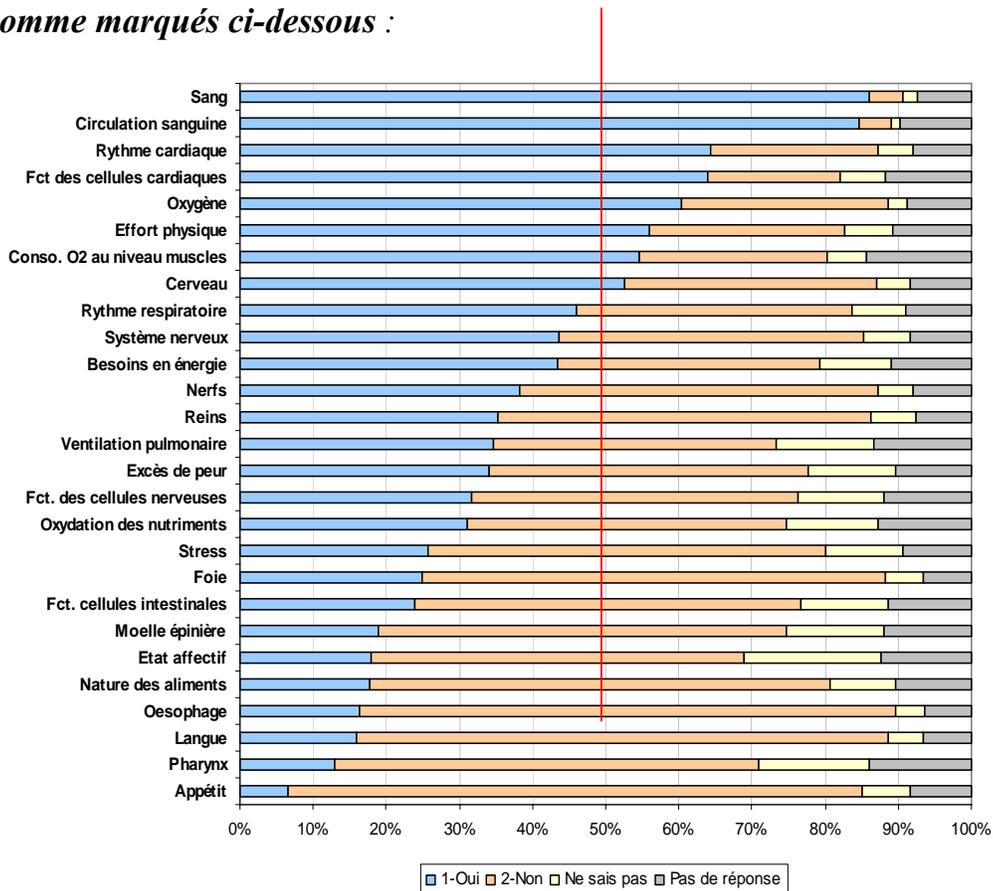


Figure 0-3: répartition (par ordre décroissant) des liens mobilisés entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques

## OBSERVATIONS

Le pourcentage des élèves qui mobilisent des liens directs (liens entre le système circulatoire, le sang, la circulation sanguine, le rythme cardiaque, le fonctionnement des cellules cardiaques, l'oxygène) est élevé (supérieur à 60%).

Plus que 50% des élèves mobilisent des liens entre le système circulatoire et l'effort physique, la consommation de dioxygène au niveau des muscles et le cerveau. Par contre rares sont les élèves (moins que 50%) qui mobilisent des liens attendus entre le système circulatoire et le rythme respiratoire, le système nerveux, les besoins en énergie, les nerfs, les reins, la ventilation pulmonaire, l'excès de peur, le fonctionnement des cellules nerveuses, l'oxydation des nutriments, le stress, le fonctionnement des cellules intestinales, la moelle épinière, l'état affectif et la nature des aliments.

## INTERRELATIONS ENTRE LE SYSTEME CIRCULATOIRE ET LES AUTRES SYSTEMES PHYSIOLOGIQUES

A ce stade, nous présentons en détail, les liens que les élèves arrivent à mobiliser entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques, et ce, en regroupant les mots par système physiologique. Le but de ce regroupement est de pouvoir identifier les liens que les élèves mobilisent entre les différents systèmes analysés. Pour cela, les mêmes données de la figure précédente ont été regroupées d'une autre manière, de façon à mettre en relief les conceptions des élèves concernant le système circulatoire et sa relation avec les autres systèmes physiologiques.

Ci-dessous se trouvent réparties, par système physiologique, les réponses que les élèves doivent choisir dans le questionnaire, autrement dit, les réponses attendues.

**Exemple : un élève ayant marqué que les nerfs, le cerveau, le système nerveux, le fonctionnement des cellules nerveuses et la moelle épinière sont en relation avec le système circulatoire est un élève conscient que le système nerveux est lié au système circulatoire.**

| <i>Lien entre le Système Circulatoire et...</i>                                    | <i>Réponse(s) attendue(s) dans le questionnaire</i>  |
|--|--|
| <b>... le système nerveux</b>  | <b>Les nerfs, le cerveau, le système nerveux, le fonctionnement des cellules nerveuses et la moelle épinière</b>   |
| <b>les facteurs psychoaffectifs</b>  | <b>Le stress, l'excès de peur et l'état affectif</b>   |
| <b>le système nerveux et les facteurs psychoaffectifs</b>                          | <b>Les résultats mentionnés dans les deux cases ci-dessus.</b>   |
| <b>le système digestif</b>   | <b>L'œsophage, le foie, la langue, le pharynx et le fonctionnement des cellules intestinales</b>   |
| <b>le système respiratoire</b>   | <b>Le rythme respiratoire et la ventilation pulmonaire</b>   |
| <b>le système digestif et le système respiratoire</b>                              | <b>Le rythme respiratoire, la ventilation pulmonaire, le sang et la circulation sanguine</b>   |
| <b>le système digestif, l'oxydation des nutriments et les besoins énergétiques</b> | <i>L'oxygène, les besoins en énergie, la nature des aliments, l'oxydation des nutriments, l'effort physique, la consommation d'oxygène au niveau des muscles et le fonctionnement des cellules</i> |

|   |   |
|---|---|
|   | <i>intestinales</i>                       |
| <b>Les éléments du système circulatoire</b> | <i>Le sang et la circulation sanguine</i> |

Les deux tableaux suivants présentent les pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques. Chaque colonne représentant un système est le résultat du regroupement des mots dans les réponses obtenues au questionnaire. Les résultats sont présentés par tranche de 25% pour éviter une analyse réductrice de 0% ou 100% juste. Dans l'analyse de ces histogrammes, nous avons fait le choix de nous limiter à ceux qui présentent les pourcentages les plus élevés, les pourcentages les plus bas et ceux de la réponse attendue.

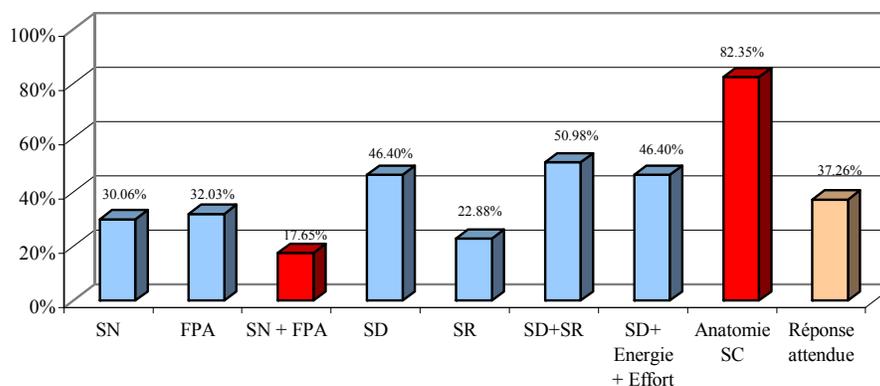
**Classe : SECONDE**

| Système Circulatoire | →SN    | →FPA   | →(SN+FPA) | →SD    | →SR    | →(SR+SD) | →(SD+Effort+ Energie) | Anatomie SC | Réponse attendue |
|----------------------|--------|--------|-----------|--------|--------|----------|-----------------------|-------------|------------------|
| <b>  75-100 </b>     | 15.03% | 8.50%  | 3.27%     | 11.11% | 22.88% | 21.57%   | 11.11%                | 82.35%      | 5.23%            |
| <b>  50-75 </b>      | 15.03% | 23.53% | 14.38%    | 35.29% | 0.00%  | 29.41%   | 35.29%                | 0.00%       | 32.03%           |
| <b>  25-50 </b>      | 14.38% | 19.61% | 30.07%    | 29.41% | 33.33% | 36.60%   | 29.41%                | 6.54%       | 43.79%           |
| <b>  0-25 </b>       | 55.56% | 48.37% | 52.29%    | 24.18% | 43.79% | 12.42%   | 24.18%                | 11.11%      | 18.95%           |

Tableau 0-7: pourcentage des élèves de Seconde qui ont mobilisé des liens entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques

|                                     |                                |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| <i>Légende</i>                      | <b>SC</b> Système Circulatoire |
| → Lien avec le ...                  | <b>SD</b> Système Digestif     |
| <b>FPA</b> Facteurs psychoaffectifs | <b>SN</b> Système Nerveux      |
|                                     | <b>SR</b> Système Respiratoire |

**Classe : SECONDE**



|                |                                     |
|----------------|-------------------------------------|
| <i>Légende</i> | <b>FPA</b> Facteurs psychoaffectifs |
|                | <b>SC</b> Système Circulatoire      |
|                | <b>SD</b> Système Digestif          |
|                | <b>SN</b> Système Nerveux           |
|                | <b>SR</b> Système Respiratoire      |

Histogramme 0-8: pourcentage des élèves de Seconde qui ont mobilisés entre 50 et 100% des liens entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques

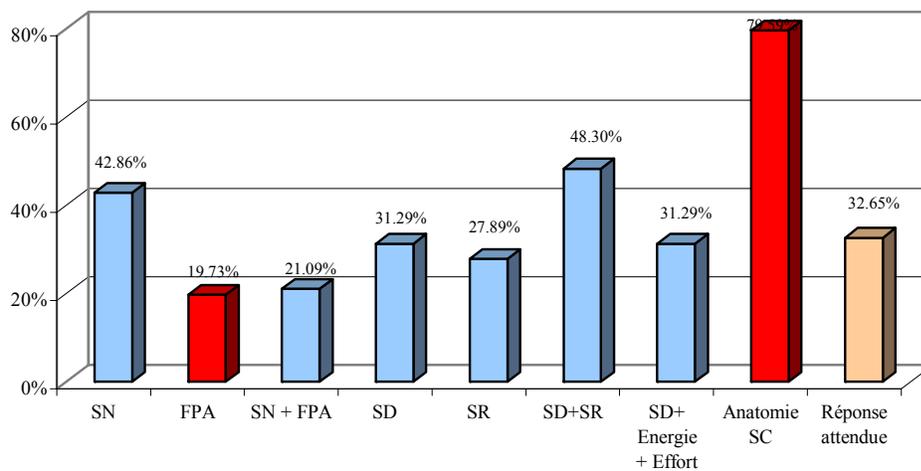
**Classe : CINQUIEME**

| Système Circulatoire | →SN    | →FPA   | →(SN+FPA) | →SD    | →SR    | →(SR+SD) | →(SD+Effort+ Energie) | Anatomie SC | Réponse attendue |
|----------------------|--------|--------|-----------|--------|--------|----------|-----------------------|-------------|------------------|
| 75-100               | 20.41% | 2.72%  | 6.12%     | 7.48%  | 27.89% | 25.17%   | 7.48%                 | 79.59%      | 4.76%            |
| 50-75                | 22.45% | 17.01% | 14.97%    | 23.81% | 0.00%  | 23.13%   | 23.81%                | 0.00%       | 27.89%           |
| 25-50                | 20.41% | 20.41% | 31.29%    | 36.05% | 26.53% | 38.10%   | 36.05%                | 10.88%      | 49.66%           |
| 0-25                 | 36.73% | 59.86% | 47.62%    | 32.65% | 45.58% | 13.61%   | 32.65%                | 9.52%       | 17.69%           |

**Tableau 0-8: pourcentage des élèves de Cinquième qui ont mobilisé des liens entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques**

| Légende |                          | SC                   |
|---------|--------------------------|----------------------|
| →       | Lien avec le ...         | Système Circulatoire |
| FPA     | Facteurs psychoaffectifs | SD                   |
|         |                          | Système Digestif     |
|         |                          | SN                   |
|         |                          | Système Nerveux      |
|         |                          | SR                   |
|         |                          | Système Respiratoire |

**Classe : CINQUIEME**



| Légende |                          |
|---------|--------------------------|
| FPA     | Facteurs psychoaffectifs |
| SC      | Système Circulatoire     |
| SD      | Système Digestif         |
| SN      | Système Nerveux          |
| SR      | Système Respiratoire     |

**Histogramme 0-9: pourcentage des élèves de Cinquième qui ont mobilisé entre 50 et 100% des liens entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques**

**OBSERVATIONS**

D'après les histogrammes :

- 82,35% des élèves de Seconde et 79,59% des élèves de Cinquième mobilisent des liens entre les **éléments anatomiques du système circulatoire** (sang, circulation sanguine) et le système circulatoire lui-même.
- 32,03% des élèves de Seconde et 19,73% des élèves de Cinquième relie le **système circulatoire** aux **facteurs psychoaffectifs** (stress, peur, état affectif).

- 46,40% des élèves de Seconde et 31,29% des élèves de Cinquième mobilisent des liens entre le **système circulatoire**, l'**effort** et le **concept d'énergie**.
- 30,06% des élèves de Seconde et 42,6% des élèves de Cinquième mobilisent des liens entre le **système circulatoire** et le **système nerveux**.
- 37,26% des élèves de Seconde et 32,65% des élèves de Cinquième ont donné **la réponse attendue**.

**Analyse statistique :**

La comparaison est faite entre les pourcentages des élèves les plus divergents pour une question donnée (résultats contrastés). Seuls les écarts statistiquement significatifs ont été retenus, pour avoir des informations sur les pourcentages des élèves qui mobilisent un type de lien, entre un système physiologique et un autre. Ces résultats ont fait l'objet d'un traitement statistique qui nous permet de savoir si les écarts observés au niveau de l'échantillon testé, entre les pourcentages des élèves qui mobilisent des liens entre le système circulatoire, le système respiratoire, le système digestif et les facteurs psycho-affectifs, sont statistiquement significatifs ou bien s'ils sont dus au hasard. Une ligne a été ajoutée pour mieux visualiser le pourcentage des élèves qui ont mobilisé au moins 50% des liens attendus entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques.

|          | <i>Min</i>     |          | <i>Max</i>     |
|----------|----------------|----------|----------------|
|          | SC↔FPA         | SC↔SR+SD | Anatomie du SC |
| ]50-100] | 26,00%         | 49,67%   | 81,00%         |
| ]25-50]  | 20,00%         | 37,33%   | 8,67%          |
| ]0-25]   | 54,00%         | 13,00%   | 10,33%         |
| DS       | PV = 0.001 (S) |          |                |

**Tableau 0-9: pourcentages « contrastés » des élèves de Seconde et de Cinquième qui mobilisent des liens entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques**

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| FPA | Facteurs Psychoaffectifs |
| SC  | Système Circulatoire     |
| SD  | Système Digestif         |
| SR  | Système Respiratoire     |
| ↔   | Lien avec                |

Ce tableau montre que le plus grand nombre d'élèves (81% des élèves de Seconde et de Cinquième) mobilisent des liens entre les éléments anatomiques du système circulatoire (que nous qualifions de liens directs). Par contre, 26% seulement des élèves mobilisent des liens entre le système circulatoire et les facteurs psycho-affectifs (que nous qualifions de liens indirects ou en ricochet). 49,67% des élèves mobilisent des liens entre le système circulatoire et les systèmes respiratoire et digestif. Le traitement statistique montre que la différence obtenue entre les pourcentages des élèves est significative (PV inférieure à 5%).

## **INTERPRETATION DES RESULTATS CONCERNANT LE SYSTEME CIRCULATOIRE**

Les résultats mentionnés ci-dessus permettent d'émettre les hypothèses suivantes :

L'enseignement du système circulatoire semble être tout comme l'enseignement du système digestif, focalisée sur une approche descriptive de l'anatomie du système en marginalisant la construction des liens avec le système nerveux. Par ailleurs, les liens construits par les élèves entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques restent faibles aussi bien en Seconde qu'en Cinquième. Ceci peut-être dû à l'importance minimalisée accordée par les enseignants à la construction de ces liens ou à l'absence de la mise des élèves en situation complexe, comme celle de la résolution de problème qui pousse l'élève à relier ses connaissances. Avec le système circulatoire, nous remarquons de nouveau que la difficulté majeure demeure au niveau des liens mobilisés entre le système circulatoire, le système nerveux et le système respiratoire. 26% des élèves seulement mobilisent des liens entre le système circulatoire et les facteurs psycho-affectifs. Nous pensons que ces élèves relient peu le système circulatoire au système nerveux, sauf si ces élèves ne considèrent pas que les facteurs psycho-affectifs sont liés au système nerveux !

Pour ces élèves, les facteurs psychoaffectifs comme la peur ou le stress n'affectent pas le système circulatoire. A quel moment de l'apprentissage, consacrons-nous du temps à la construction de ce genre de liens ? Quelle importance accordons-nous à ces moments ?

## **LE SYSTEME NERVEUX**

L'objectif de cette section est d'identifier les conceptions des élèves concernant les liens construits entre le système nerveux d'une part et les autres systèmes physiologiques analysés d'autre part (le système digestif, le système respiratoire et le système circulatoire). Les réponses n'ont été ni regroupées ni comparées. Notre but étant d'abord, de visualiser l'ensemble des liens que les élèves parviennent à mobiliser entre ces différents systèmes, nous analyserons les points suivants :

- ❖ Les relations établies entre le système nerveux et tous les items<sup>101</sup> du questionnaire.
- ❖ Les interrelations entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques.

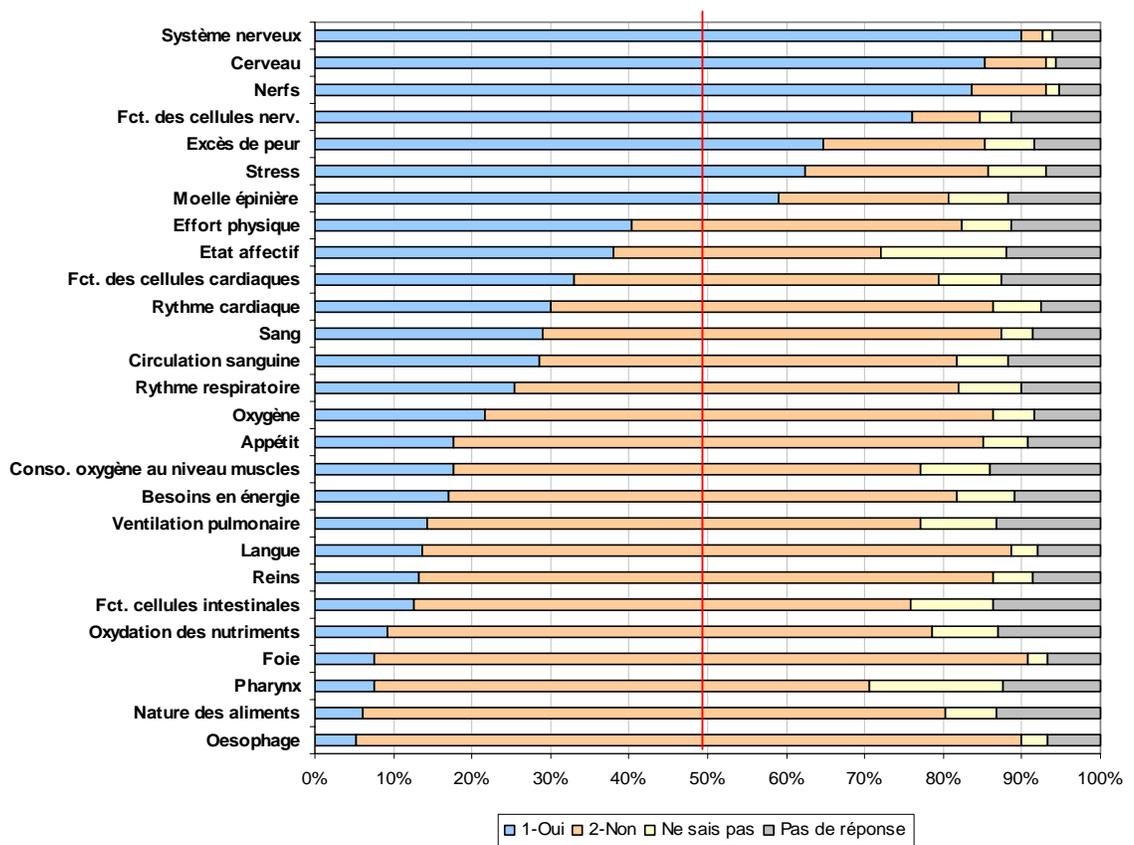
---

<sup>101</sup> Item : Dans le questionnaire, plusieurs éléments de chacun des systèmes physiologiques analysés sont cités. Chacun des éléments est qualifié d'item. Ex : œsophage, nerf, stress etc.

## RELATIONS ETABLIES ENTRE LE SYSTEME NERVEUX ET TOUS LES ITEMS DU QUESTIONNAIRE

Dans ce tableau, sont présentés les pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens entre le système nerveux et plusieurs groupes de mots, chaque groupe se rapportant à un système physiologique donné. L'analyse de ce tableau permet de visualiser l'ensemble des liens que les élèves mobilisent entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques (le système digestif, le système circulatoire et le système respiratoire).

*En référence à la question « Est (Sont) concerné(s), par le système nerveux ? », les élèves de Cinquième et de Seconde ont identifié les items comme marqués ci-dessous :*



**Figure 0-4: répartition (par ordre décroissant) des liens mobilisés entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques**

## OBSERVATIONS

Le pourcentage des élèves qui mobilisent des liens directs (liens entre le système nerveux, le cerveau, les nerfs, le fonctionnement des cellules nerveuses, l'excès de peur, le stress et la moelle épinière) est élevé (supérieur à 55%). Par contre rares sont les élèves (moins que 50%) qui mobilisent des liens attendus entre le système nerveux et l'effort physique, l'état affectif, le fonctionnement des cellules cardiaques, le rythme cardiaque, le sang, la circulation sanguine, le rythme respiratoire, l'oxygène, l'appétit, la consommation d'oxygène au niveau des muscles, les besoins en énergie, la ventilation pulmonaire, la langue, les reins, le fonctionnement des cellules intestinales, l'oxydation des nutriments, le foie, le pharynx, la nature des aliments et l'oesophage.

## INTERRELATIONS ENTRE LE SYSTEME NERVEUX ET LES AUTRES SYSTEMES PHYSIOLOGIQUES

A ce stade, nous présentons en détail, les liens que les élèves arrivent à mobiliser entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques mais en regroupant les mots par système physiologique. Le but de ce regroupement est de pouvoir identifier les liens que les élèves mobilisent entre les différents systèmes analysés. Pour cela, les mêmes données de la figure précédente ont été regroupées d'une autre manière, de façon à mettre en relief les conceptions des élèves concernant le système nerveux et de sa relation avec les autres systèmes physiologiques.

Ci-dessous se trouvent réparties, par système physiologique, les réponses que les élèves doivent choisir dans le questionnaire, autrement dit, les réponses attendues.

**Exemple : un élève ayant marqué que l'oesophage, le foie, la langue et le pharynx sont en relation avec le système nerveux est un élève conscient que le système nerveux est lié au système digestif.**

| <i>Lien entre le Système Nerveux et...</i>  | <i>Réponse(s) attendue(s) dans le questionnaire</i>   |
|---|---|
| <b>...les facteurs psychoaffectifs</b>  | <b>L'appétit, le stress, l'excès de peur, l'état affectif et la nature des aliments</b>   |
| <b>l'oxydation des nutriments, les besoins énergétiques et l'effort physique</b>                          | <b>L'oxygène, les besoins en énergie, la nature des aliments, l'oxydation des nutriments, l'effort physique, la consommation d'oxygène au niveau des muscles et le fonctionnement des cellules intestinales</b> |
| <b>le système respiratoire</b>  | <b>Le rythme respiratoire et la ventilation pulmonaire</b>  |
| <b>le système respiratoire, l'oxydation des nutriments, les besoins énergétiques et l'effort physique</b> | <b>Les résultats mentionnés dans les deux cases ci-dessus.</b>  |
| <b>le système digestif</b>  | <i>L'oesophage, le foie, la langue et le pharynx</i>  |
| <b>le système circulatoire</b>  | <i>Le sang, le rythme cardiaque, le fonctionnement des cellules cardiaques et la circulation sanguine</i>   |

|   |   |
|---|---|
|   |   |
| <b>le système digestif et le système circulatoire</b> | <b>Les résultats mentionnés dans les deux cases ci-dessus.</b>  |
| <b>Les éléments du système nerveux</b>                | <i>Les nerfs, le cerveau, le système nerveux, le fonctionnement des cellules nerveuses et la moelle épinière</i>  |
| <b>Tous les liens attendus</b>                        | <i>Les nerfs, le cerveau, le système nerveux, les reins, le sang, l'oxygène, le rythme cardiaque, le stress, le fonctionnement des cellules cardiaques, l'excès de peur, le rythme respiratoire, les besoins en énergie, la circulation sanguine, l'état affectif, la nature des aliments, l'oxydation des nutriments, l'effort physique, le fonctionnement des cellules nerveuses, la ventilation pulmonaire, la consommation d'oxygène au niveau des muscles, le pharynx et le fonctionnement des cellules intestinales</i> |

Dans ces tableaux sont présentés les pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques. Chaque colonne représentant un système est le résultat du regroupement des mots dans les réponses obtenues au questionnaire. Les résultats sont présentés par tranche de 25% pour éviter une analyse réductrice de 0% ou 100% juste. Dans les histogrammes nous avons présenté uniquement les pourcentages des élèves qui parviennent à mobiliser 50% à 100% des liens attendus. Ce choix, pour les histogrammes, est lié au fait que nous considérons que la norme internationale de réussite correspond à une valeur supérieure ou égale à 50% des réponses attendues (valeur visualisée directement dans les histogrammes).

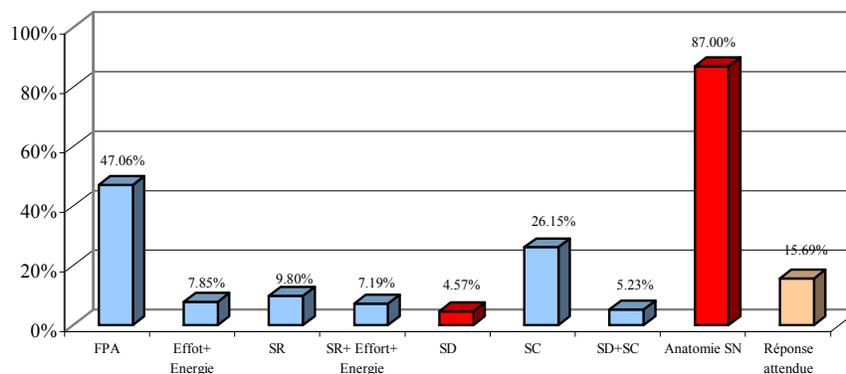
**Classe : SECONDE**

| Système Nerveux | →FPA   | Effort+ Energie | →SR    | →(SR+ Effort+ Energie) | →SD    | →SC    | →(SD+SC) | Anatomie SN | Réponse attendue |
|-----------------|--------|-----------------|--------|------------------------|--------|--------|----------|-------------|------------------|
| 75-100          | 17.65% | 4.58%           | 9.80%  | 2.61%                  | 1.96%  | 10.46% | 1.96%    | 72.67%      | 1.96%            |
| 50-75           | 29.41% | 3.27%           | 0.00%  | 4.58%                  | 2.61%  | 15.69% | 3.27%    | 14.33%      | 13.73%           |
| 25-50           | 22.22% | 22.22%          | 19.61% | 18.95%                 | 3.27%  | 20.92% | 14.38%   | 5.33%       | 64.05%           |
| 0-25            | 30.72% | 69.93%          | 70.59% | 73.86%                 | 92.16% | 52.94% | 80.39%   | 7.67%       | 20.26%           |

**Tableau 0-10: pourcentage des élèves de Seconde qui ont mobilisé des liens entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques**

| Légende |                          | SC | Système Circulaire   |
|---------|--------------------------|----|----------------------|
| →       | Lien avec le ...         | SD | Système Digestif     |
| FPA     | Facteurs psychoaffectifs | SN | Système Nerveux      |
|         |                          | SR | Système Respiratoire |

**Classe : SECONDE**



| Légende |                          | SC | Système Circulaire   |
|---------|--------------------------|----|----------------------|
| FPA     | Facteurs psychoaffectifs | SD | Système Digestif     |
| SC      | Système Circulaire       | SN | Système Nerveux      |
| SD      | Système Digestif         | SR | Système Respiratoire |

**Histogramme 0-10: pourcentage des élèves de Seconde qui ont mobilisé entre 50 et 100% des liens entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques**

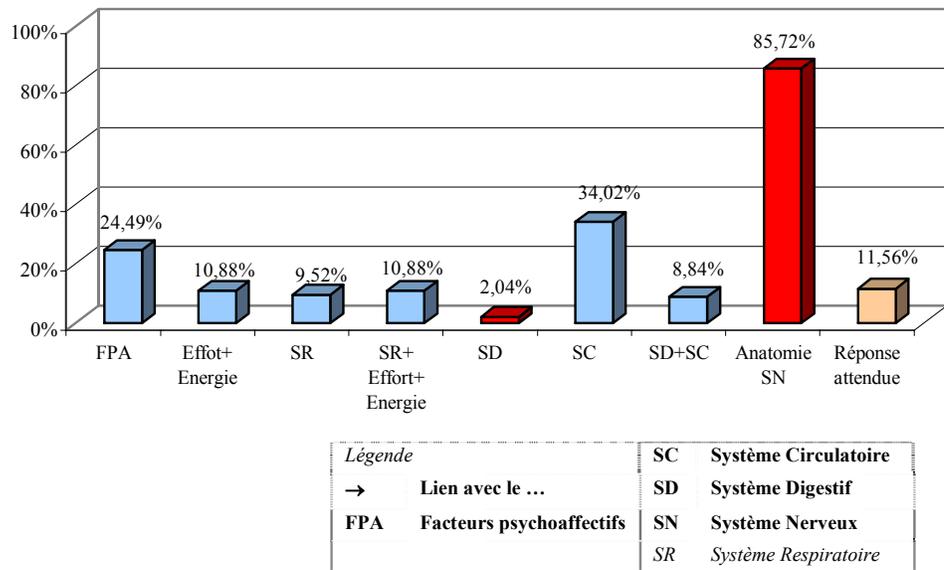
**Classe : CINQUIEME**

| Système Nerveux | →FPA   | Effort+ Energie | →SR    | →(SR+ Effort+ Energie) | →SD    | →SC    | →(SD+SC) | Anatomie SN | Réponse attendue |
|-----------------|--------|-----------------|--------|------------------------|--------|--------|----------|-------------|------------------|
| 75-100          | 3.40%  | 3.40%           | 9.52%  | 1.36%                  | 1.36%  | 17.01% | 0.68%    | 63.95%      | 1.36%            |
| 50-75           | 21.09% | 7.48%           | 0.00%  | 9.52%                  | 0.68%  | 17.01% | 8.16%    | 21.77%      | 10.20%           |
| 25-50           | 27.89% | 21.09%          | 21.09% | 14.29%                 | 6.80%  | 23.81% | 17.01%   | 6.12%       | 61.90%           |
| 0-25            | 47.62% | 68.03%          | 69.39% | 74.83%                 | 91.16% | 42.18% | 74.15%   | 8.16%       | 26.53%           |

**Tableau 0-11: pourcentage des élèves de Cinquième qui ont identifié les liens entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques**

| Légende |                          | SC | Système Circulaire   |
|---------|--------------------------|----|----------------------|
| →       | Lien avec le ...         | SD | Système Digestif     |
| FPA     | Facteurs psychoaffectifs | SN | Système Nerveux      |
|         |                          | SR | Système Respiratoire |

Classe : **CINQUIEME**



Histogramme 0-11 : pourcentage des élèves de Cinquième qui ont mobilisé entre 50 et 100% des liens entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques

**OBSERVATIONS**

D'après les histogrammes :

- 87% des élèves de Seconde et 85,72% des élèves de Cinquième mobilisent des liens entre les **éléments anatomiques du système nerveux** (les nerfs, le cerveau, le système nerveux, le fonctionnement des cellules nerveuses et la moelle épinière) et le système nerveux lui-même.
- 4,57% seulement des élèves de Seconde et 2,04% relient le **système nerveux** au **système digestif**.
- 7,85% des élèves de Seconde et 10,88% des élèves de Cinquième ont mobilisé des liens entre le système nerveux, l'effort et l'énergie.
- 47,06% des élèves de Seconde et 24,49% des élèves de Cinquième mobilisent des liens entre le système nerveux et les facteurs psycho-affectifs !
- Par ailleurs, les pourcentages des élèves qui ont réussi à faire **tous les liens attendus**<sup>102</sup> sont bas : 15,69% des élèves de Seconde et 11,56% des élèves de Cinquième.

<sup>102</sup> Liens construits entre le système respiratoire, le système nerveux, le système digestif et le système circulatoire.



### Analyse statistique :

La comparaison est faite entre les pourcentages des élèves les plus divergents pour une question donnée (résultats contrastés). Seuls les écarts statistiquement significatifs ont été retenus, pour avoir des informations sur les pourcentages des élèves qui mobilisent un type de lien, entre un système physiologique et un autre. Ces résultats ont fait l'objet d'un traitement statistique qui nous permet de savoir si les écarts observés au niveau de l'échantillon testé, entre les pourcentages des élèves qui mobilisent des liens entre le système nerveux, le système digestif et le système circulatoire, sont statistiquement significatifs ou bien s'ils sont dus au hasard. Une ligne a été ajoutée pour mieux visualiser le pourcentage des élèves qui ont mobilisé au moins 50% des liens attendus entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques.

|          | <i>Min</i>     |        | <i>Max</i>     |
|----------|----------------|--------|----------------|
|          | SN↔SD          | SN↔SC  | Anatomie du SN |
| ]75-100] | 1,67%          | 13,67% | 72,67%         |
| ]50-75]  | 1,67%          | 16,33% | 14,33%         |
| ]25-50]  | 5,00%          | 22,33% | 5,33%          |
| ]0-25]   | 91,67%         | 47,67% | 7,67%          |
| DS       | PV = 0.001 (S) |        |                |
| ]50-100] | 3,34%          | 30%    | 87%            |

**Tableau 0-12: pourcentages « contrastés » des élèves de Seconde et de Cinquième qui mobilisent des liens entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques**

|    |                      |
|----|----------------------|
| SN | Système Nerveux      |
| SC | Système Circulatoire |
| SD | Système Digestif     |
| ↔  | Lien avec            |

Ce tableau montre que le plus grand nombre d'élèves (87% des élèves de Seconde et de Cinquième) mobilisent des liens entre les éléments anatomiques du système nerveux (que nous qualifions de liens directs). Par contre, 3,34% seulement des élèves mobilisent des liens entre le système nerveux et le système digestif, que nous qualifions de liens indirects ou en ricochet. 30% des élèves mobilisent des liens entre le système nerveux et le système circulatoire. Le traitement statistique montre que la différence obtenue entre les pourcentages des élèves est significative (PV inférieure à 5%).

### INTERPRETATION DES RESULTATS

Les résultats mentionnés ci-dessus permettent d'émettre les hypothèses suivantes :

Nous retrouvons, encore une fois, les plus grands pourcentages des élèves qui identifient facilement les éléments anatomiques du système nerveux. L'analyse de ce tableau montre qu'une difficulté saillante est repérable, celle des liens construits par les élèves entre les systèmes physiologiques d'une part et le système nerveux d'autre part. Tout se passe pour les élèves comme si nos systèmes physiologiques fonctionnaient d'une manière autonome indépendamment du système nerveux. Il serait intéressant de signaler un obstacle déjà identifié dans les résultats obtenus à la situation-problème 1, celui des liens construits entre le système digestif et le système nerveux. Les élèves ne mobilisent pas ce lien qui d'ailleurs, ne figure presque pas dans les manuels scolaires. Deux autres obstacles ont été identifiés : rares sont les élèves qui relient le système nerveux au concept d'énergie, le pourcentage est encore plus bas si nous analysons les liens mobilisés entre le système nerveux et les facteurs psychoaffectifs ! Pour ces élèves, les sentiments ne seraient-ils pas des émergences cérébrales ? A quel moment de notre apprentissage faisons-nous faire à nos élèves des liens entre les systèmes physiologiques analysés et le système nerveux ? Notre hypothèse est que l'enseignement cloisonné du système nerveux est limité à des approches descriptives, ou limité à sa contextualisation dans l'étude des réponses réflexes.

### **Etude de l'impact de l'inversion de la question sur les réponses obtenues**

L'objectif de cette section est d'analyser l'impact de la formulation de la question sur les réponses proposées par les élèves aux différentes questions posées. Dans le questionnaire « Etat des lieux des élèves, 2001-2002 », il est demandé aux élèves par exemple, tantôt de mobiliser des liens entre le système digestif et le système respiratoire et tantôt de mobiliser des liens entre le système respiratoire et le système digestif. Il ne s'agit point d'une répétition fortuite. Notre but est de comparer avec un traitement statistique, les réponses des élèves selon l'ordre de présentation des éléments des liens recherchés.

Les tableaux ci-dessous présentent les pourcentages des élèves de Seconde et de Cinquième qui ont mobilisé des liens différents en fonction de la formulation de la question. Les couplages suivants ont été analysés :

- **Système digestif ↔ Système respiratoire**
- **Système digestif ↔ Système circulatoire**
- **Système digestif ↔ Système nerveux**
- **Système circulatoire ↔ Système respiratoire**
- **Système respiratoire ↔ Système nerveux**
- **Système nerveux ↔ Système circulatoire**

Dans ces tableaux se retrouvent parfois quatre marges de ]0-25], ] 25-50], ]50-75], ]75-100] qui sont les marges des pourcentages des réponses attendues et parfois deux marges

de ]0-25] et ]25-100]. Ces regroupements ont été faits pour des besoins de traitement statistique. Seules les réponses qui montrent que les élèves ont mobilisé un pourcentage supérieur ou égal à 50% de la réponse attendue seront analysés et interprétés, à condition que la différence soit significative d'un point de vue statistique<sup>103</sup>.

### *SYSTEME DIGESTIF ↔ SYSTEME RESPIRATOIRE*

#### **L'étude des liens digestion / respiration a été faite :**

- ≡ **Soit en commençant la question par le système digestif : SD avant SR**
- ≡ **Soit en commençant la question par le système respiratoire : SR avant SD**

| MARGES            | SECONDE     |             | CINQUIEME   |             |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                   | SD avant SR | SR avant SD | SD avant SR | SR avant SD |
| ]50-100]          | 5.88%       | 14.38%      | 10.20%      | 6.12%       |
| ]25-50]           | 17.65%      | 66.01%      | 25.85%      | 44.90%      |
| ]0-25]            | 76.47%      | 19.61%      | 63.95%      | 48.98%      |
| DS <sup>104</sup> | PV=0.001(S) |             | PV=0.001(S) |             |

Tableau 0-13: comparaison entre les pourcentages des élèves qui répondent différemment selon l'ordre de présentation des éléments des liens recherchés : SD ↔ SR

| Légende |                      |
|---------|----------------------|
| SD      | Système digestif     |
| SR      | Système respiratoire |
| PV      | Present Value        |

Le pourcentage des élèves de Seconde qui mobilisent des liens entre le système digestif et le système respiratoire (14,38%) est plus élevé et de façon significative, quand la question commence par le système respiratoire dans l'analyse des liens (SR ↔ SD). Par contre, ce pourcentage est plus élevé et de façon significative d'un point de vue statistique, chez les élèves de Cinquième (10,20%) quand la question commence par le système digestif dans l'analyse du même lien. Ceci pourrait être dû à la focalisation de l'enseignement sur le système digestif en classe de Cinquième et sur le système respiratoire, dans le cadre de l'adaptation à l'effort, en classe de Seconde.

### *SYSTEME DIGESTIF ↔ SYSTEME CIRCULATOIRE*

#### **L'étude des liens digestion / circulatoire s'est faite :**

<sup>103</sup> Voir Annexe B1

<sup>104</sup> DS : Différences significatives. Ceci correspond au traitement statistique. Toute PV (present value) inférieure ou égale à 0,005 montre que les différences sont interprétables et non dues au hasard.

- ≡ **Soit en commençant la question par le système digestif : SD avant SC**
- ≡ **Soit en commençant la question par le système circulatoire : SC avant SD**

| MARGES   | SECONDE      |             | CINQUIEME   |             |
|----------|--------------|-------------|-------------|-------------|
|          | SD avant SC  | SC avant SD | SD avant SC | SC avant SD |
| ]75-100] | 8.50%        | 11.11%      | 2.72%       | 7.48%       |
| ]50-75]  | 11.11%       | 35.29%      | 12.93%      | 23.81%      |
| ]25-50]  | 33.99%       | 29.41%      | 37.41%      | 36.05%      |
| ]0-25]   | 46.41%       | 24.18%      | 46.94%      | 32.65%      |
| DS       | PV=0.0001(S) |             | PV=0.008(S) |             |
| ]50-100] | 19.61%       | 46.4%       | 15.65%      | 31.29%      |

Tableau 0-14 : comparaison entre les pourcentages des élèves qui répondent différemment selon l'ordre de présentation des éléments des liens recherchés : SD ↔ SC

| Légende |                      |
|---------|----------------------|
| SD      | Système digestif     |
| SC      | Système circulatoire |
| PV      | Present Value        |

Le pourcentage des élèves de Seconde (46,4% des élèves qui mobilisent 50% à 100% des liens attendus) et de Cinquième (31,29%) qui mobilisent des liens entre le système digestif et le système circulatoire est plus élevé de façon significative, quand la question commence par le système circulatoire dans l'analyse des liens (SC ↔ SD).

Ceci pourrait être dû au fait que dans le cadre de l'enseignement du système circulatoire, l'accent est davantage mis sur une approche systémique complexe qui intégrerait le système digestif. En revanche, l'enseignement du système digestif semble être plus réducteur.

## *SYSTEME DIGESTIF ↔ SYSTEME NERVEUX*

**L'étude des liens digestion / système nerveux s'est faite :**

- ≡ **Soit en commençant la question par le système digestif : SD avant SN**
- ≡ **Soit en commençant la question par le système nerveux : SN avant SD**

| MARGES   | SECONDE      |             | CINQUIEME   |             |
|----------|--------------|-------------|-------------|-------------|
|          | SD avant SN  | SN avant SD | SD avant SN | SN avant SD |
| ]25-100] | 22.22%       | 7.84%       | 16.33%      | 8.84%       |
| ]0-25]   | 77.78%       | 92.16%      | 83.67%      | 91.16%      |
| DS       | PV=0.0059(S) |             | PV=5.18(NS) |             |

Tableau 0-15 : comparaison entre les pourcentages des élèves qui répondent différemment selon l'ordre de présentation des éléments des liens recherchés : SD ↔ SN

|         |                  |
|---------|------------------|
| Légende |                  |
| SD      | Système digestif |
| SN      | Système nerveux  |
| PV      | Present Value    |

Le pourcentage des élèves de Seconde qui mobilisent des liens entre le système digestif et le système nerveux (22,22%) est plus élevé et de façon significative, quand la question commence par le système digestif dans l'analyse des liens (SD ↔ SN). Par contre, en Cinquième, la différence n'est pas significative.

Nous retrouvons les conséquences de la marginalisation de la construction des liens entre le système nerveux et le système digestif.

## *SYSTEME CIRCULATOIRE ↔ SYSTEME RESPIRATOIRE*

---

### **L'étude des liens circulatoire / respiratoire s'est fait :**

- ≡ **Soit en commençant la question par le système circulatoire : SC avant SR**
- ≡ **Soit en commençant la question par le système respiratoire : SR avant SC**

|          | SECONDE      |             | CINQUIEME    |             |
|----------|--------------|-------------|--------------|-------------|
|          | SC avant SR  | SR avant SC | SC avant SR  | SR avant SC |
| ]50-100] | 22.88%       | 66.67%      | 27.89%       | 57.14%      |
| ]25-50]  | 33.33%       | 18.30%      | 26.53%       | 20.41%      |
| ]0-25]   | 43.79%       | 15.03%      | 45.58%       | 22.45%      |
| DS       | PV=0.0001(S) |             | PV=0.0001(S) |             |

Tableau 0-16 : comparaison entre les pourcentages des élèves qui répondent différemment selon l'ordre de présentation des éléments des liens recherchés : SC ↔ SR

|         |                      |
|---------|----------------------|
| Légende |                      |
| SR      | Système respiratoire |
| SC      | Système circulatoire |
| PV      | Present Value        |

Le pourcentage des élèves de Seconde qui mobilisent des liens entre le système respiratoire et le système circulatoire (66,67%) est plus élevé et de façon significative, quand la question commence par le système respiratoire dans l'analyse des liens (SR ↔ SC). Il en va de même pour les élèves de Cinquième (57,14%).

Ceci pourrait être dû au lien respiration-circulation figurant dans les manuels scolaires.

## *SYSTEME RESPIRATOIRE ↔ SYSTEME NERVEUX*

**L'étude des liens respiratoire/système nerveux s'est faite :**

- ≡ **Soit en commençant la question par le système respiratoire : SR avant SN**
- ≡ **Soit en commençant la question par le système nerveux : SN avant SR**

|          | SECONDE      |             | CINQUIEME    |             |
|----------|--------------|-------------|--------------|-------------|
|          | SR avant SN  | SN avant SR | SR avant SN  | SN avant SR |
| ]50-100] | 35.29%       | 9.80%       | 18.37%       | 9.52%       |
| ]25-50]  | 15.03%       | 19.61%      | 10.88%       | 21.09%      |
| ]0-25]   | 49.67%       | 70.59%      | 70.75%       | 69.39%      |
| DS       | PV=0.0001(S) |             | PV=0.0003(S) |             |

Tableau 0-17 : comparaison entre les pourcentages des élèves qui répondent différemment selon l'ordre de présentation des éléments des liens recherchés : SR ↔ SN

| Légende |                      |
|---------|----------------------|
| SR      | Système respiratoire |
| SN      | Système nerveux      |
| PV      | Present Value        |

Le pourcentage des élèves de Seconde qui mobilisent des liens entre le système respiratoire et le système nerveux (35,29%) est plus élevé et de façon significative, quand la question commence par le système respiratoire dans l'analyse des liens (SR ↔ SD). Il en est de même, par rapport aux élèves de Cinquième (18,37%).

Nous retrouvons les conséquences de la marginalisation de la construction des liens entre le système nerveux et le système respiratoire.

## *SYSTEME NERVEUX ↔ SYSTEME CIRCULATOIRE*

**L'étude des liens nerveux / circulatoire s'est faite :**

- ≡ **Soit en commençant la question par le système nerveux : SN avant SC**
- ≡ **Soit en commençant la question par le système circulatoire : SC avant SN**

| MARGES   | SECONDE       |             | CINQUIEME     |             |
|----------|---------------|-------------|---------------|-------------|
|          | SN avant SC   | SC avant SN | SN avant SC   | SC avant SN |
| ]75-100] | 10.46%        | 15.03%      | 17.01%        | 20.41%      |
| ]50-75]  | 15.69%        | 15.03%      | 17.01%        | 22.45%      |
| ]25-50]  | 20.92%        | 14.38%      | 23.81%        | 20.41%      |
| ]0-25]   | 52.94%        | 55.56%      | 42.18%        | 36.73%      |
| DS       | PV=35.81 (NS) |             | PV=47.63 (NS) |             |
| ]50-100] | 26.15%        | 30.06%      | 34.02%        | 42.86%      |

Tableau 0-18 : comparaison entre les pourcentages des élèves qui répondent différemment selon l'ordre de présentation des éléments des liens recherchés : SN ↔ SC

| Légende |                      |
|---------|----------------------|
| SN      | Système nerveux      |
| SC      | Système circulatoire |
| PV      | Present Value        |

Dans le cadre de l'étude des liens entre le système nerveux et le système circulatoire, les différences ne sont pas significatives suivant la manière de formuler la question selon l'ordre de présentation des éléments des liens recherchés. Les différences des pourcentages obtenus sont dans ce cas dues au hasard, d'un point de vue statistique, et donc non analysables.

Ceci pourrait être dû à la difficulté que les élèves de Seconde et de Cinquième éprouvent quant à la mobilisation de ce type de lien. La construction de liens entre le système circulatoire et le système nerveux est assez marginalisée dans l'enseignement scolaire et très peu d'élèves mobilisent ce type de liens, comme on l'a vu dans la section précédente.

## **SYNTHESE DE L'ETUDE DE L'IMPACT DE L'INVERSION DE LA QUESTION SUR LES REPONSES OBTENUES**

Les élèves mobilisent différemment les liens entre un système physiologique et un autre, en fonction de la formulation de la question. Que la question commence par « système nerveux » ou par « système digestif » et pour un même type de lien attendu, nous obtenons le plus souvent des réponses différentes. Ceci ramène à penser que quand un élève ne fournit pas la réponse attendue, nous ne pouvons pas conclure systématiquement qu'il ne « sait » pas et cela dépend parfois de la formulation de la question et de la situation.

Le pourcentage des élèves qui relie le système nerveux aux autres systèmes physiologiques reste bas, notamment le lien circulation/système nerveux.

Les élèves relient plus facilement le système respiratoire aux autres systèmes physiologiques. Quand la question commence par « système respiratoire », les élèves mobilisent davantage de liens avec les autres systèmes physiologiques que quand elle commence par « système circulatoire » et ainsi de suite : les liens semblent plus facilement mobilisés, en fonction de la formulation de la question, dans le sens suivant : Système respiratoire → Système circulatoire → Système Digestif → Système nerveux.

### **Etude de l'impact des conceptions d'origine sociale sur les conceptions d'origine scolaire concernant les liens mobilisés avec le système nerveux**

Nous distinguons dans ce qui suit entre deux types de conceptions indissociables certes, mais nous le faisons dans le but d'analyser l'impact de l'une sur l'autre : les conceptions d'origine surtout scolaire et celles d'origine surtout sociale, concernant le lien avec le système nerveux. A titre indicatif et non exhaustif nous qualifions de :

- **Conceptions d'origine scolaire :** les liens entre un système physiologique donné et les éléments suivants *nerfs, cerveau, système nerveux, fonctionnement des cellules nerveuses, et moelle épinière*. Notre hypothèse est que ce type de construction de liens par les élèves est prévu par le curriculum.
- **Conception d'origine sociale :** les liens entre un système physiologique donné et les éléments suivants *l'appétit, le stress, l'excès de peur et l'état affectif*. Nous désignons de conceptions d'origine sociale celles qui correspondent à des liens qui ne sont ni enseignées de façon détaillée en classe ni prévus par le curriculum.

Les résultats seront présentés sous forme de tableaux et d'histogrammes :

- Dans les tableaux se trouvent les pourcentages des élèves qui mobilisent des conceptions d'origine scolaire avec ceux des élèves qui mobilisent des conceptions d'origine sociale, en ce qui concerne les liens mobilisés entre un système physiologique donné et le système nerveux. Chaque colonne représentant un système est le résultat du regroupement des mots dans les réponses obtenues au questionnaire. Les résultats sont présentés par tranche de 25% pour éviter une analyse réductrice de 0% ou 100% juste.
- Dans les histogrammes se trouvent uniquement les pourcentages des élèves qui parviennent à mobiliser 50% à 100% des liens attendus.

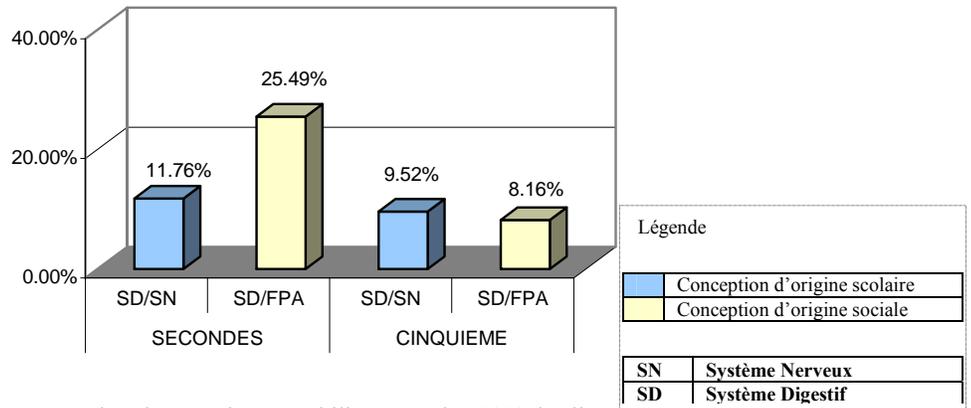
## *SYSTEME DIGESTIF*

| <i>SYSTEME DIGESTIF</i>    | SECONDES       |         | CINQUIEME      |         |
|----------------------------|----------------|---------|----------------|---------|
|                            | Scolaire       | Sociale | Scolaire       | Sociale |
| Marges                     | SD↔SN          | SD↔FPA  | SD↔SN          | SD↔FPA  |
| ]75-100]                   | 4,58%          | 12,42%  | 4,76%          | 1,36%   |
| ]50-75]                    | 7,19%          | 13,07%  | 4,76%          | 6,80%   |
| ]25-50]                    | 10,46%         | 16,99%  | 6,80%          | 17,69%  |
| ]0-25]                     | 77,78%         | 57,52%  | 83,67%         | 74,15%  |
| Différences significatives | PV= 0.0017 (S) |         | PV= 0.0104 (S) |         |

Tableau 0-19 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens d'origines scolaire et sociale entre le système digestif et le système nerveux

### Légende

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| SN  | Système Nerveux          |
| SD  | Système Digestif         |
| FPA | Facteurs Psychoaffectifs |
| ↔   | En lien avec             |



Histogramme 0-12 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé au moins 50% des liens d'origines scolaire et sociale entre le système digestif et le système nerveux

Le pourcentage des élèves de Seconde qui mobilisent entre le système digestif et le système nerveux, des liens d'origine sociale, est plus élevé (25,49%) et de façon significative d'un point de vue statistique par rapport à ceux qui mobilisent des liens d'origine scolaire (11,76%) pour ce type de lien.

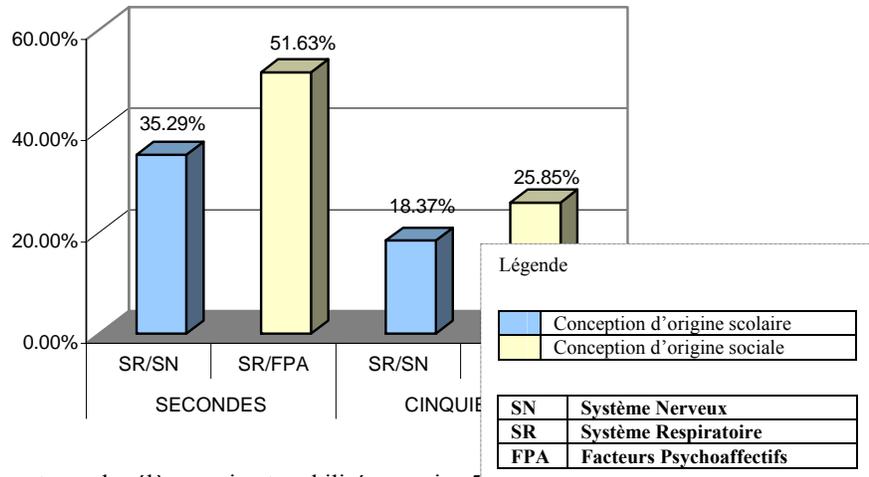
Par contre en Cinquième, le pourcentage des élèves qui mobilisent des liens d'origine scolaire entre le système digestif et le système nerveux est plus élevé (9,25%) et de façon significative d'un point de vue statistique par rapport au pourcentage des élèves qui mobilisent des liens d'origine sociale (8,16%) pour ce type de lien.

## SYSTEME RESPIRATOIRE

| SYSTEME RESPIRATOIRE       | SECONDES       |         | CINQUIEME     |         |
|----------------------------|----------------|---------|---------------|---------|
|                            | Scolaire       | Sociale | Scolaire      | Sociale |
| Marges                     | SR↔SN          | SR↔FPA  | SR↔SN         | SR↔FPA  |
| ]75-100]                   | 17,65%         | 19,61%  | 8,84%         | 3,40%   |
| ]50-75]                    | 17,65%         | 32,03%  | 9,52%         | 22,45%  |
| ]25-50]                    | 15,03%         | 30,07%  | 10,88%        | 34,69%  |
| ]0-25]                     | 49,67%         | 18,30%  | 70,75%        | 39,46%  |
| Différences significatives | PV = 0.0001(S) |         | PV= 0.0017(S) |         |

Tableau 0-20: pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens d'origines scolaire et sociale entre le système respiratoire et le système nerveux

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| SN  | Système Nerveux          |
| SR  | Système Respiratoire     |
| FPA | Facteurs Psychoaffectifs |
| ↔   | En lien avec             |



Histogramme 0-13 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé au moins 50% des liens d'origine scolaire et sociale entre le système respiratoire et le système nerveux

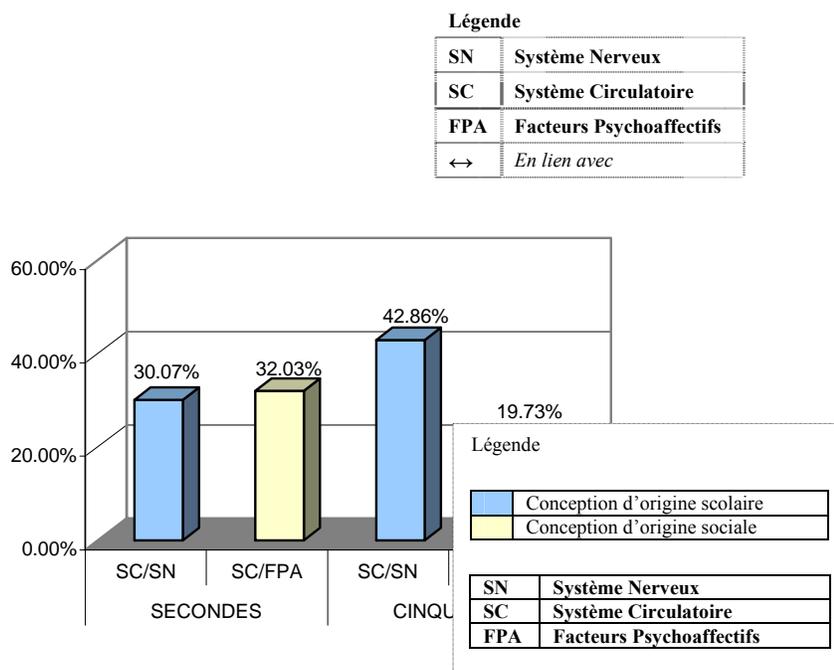
Le pourcentage des élèves de Seconde qui mobilisent entre le système respiratoire et le système nerveux, des liens d'origine sociale, est plus élevé (51,63%) et de façon significative d'un point de vue statistique par rapport au pourcentage des élèves de Seconde qui mobilisent des liens d'origine scolaire (35,29%) pour ce type de lien.

En Cinquième aussi, le pourcentage des élèves qui mobilisent des liens d'origine sociale entre le système respiratoire et le système nerveux est plus élevé (25,85%) et de façon significative d'un point de vue statistique par rapport au pourcentage des élèves qui mobilisent des liens d'origine scolaire (18,37%) pour ce type de lien.

## SYSTEME CIRCULATOIRE

| SYSTEME CIRCULATOIRE       | SECONDES         |         | CINQUIEME      |         |
|----------------------------|------------------|---------|----------------|---------|
| Concept d'origine          | Scolaire         | Sociale | Scolaire       | Sociale |
| Marges                     | SC↔SN            | SC↔FPA  | SC↔SN          | SC↔FPA  |
| ]75-100]                   | 15,03%           | 8,50%   | 20,41%         | 2,72%   |
| ]50-75]                    | 15,03%           | 23,53%  | 22,45%         | 17,01%  |
| ]25-50]                    | 14,38%           | 19,61%  | 20,41%         | 20,41%  |
| ]0-25]                     | 55,56%           | 48,37%  | 36,73%         | 59,86%  |
| Différences significatives | PV = 0.0542 (NS) |         | PV = 0.0001(S) |         |

Tableau 0-21 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens d'origines scolaire et sociale entre le système circulatoire et le système nerveux



Histogramme 0-14: pourcentages des élèves qui ont mobilisé au moins 50% des liens d'origine scolaire et sociale entre le système circulatoire et le système nerveux

En Cinquième aussi, le pourcentage des élèves qui mobilisent entre le système circulatoire et le système nerveux, des liens d'origine scolaire est plus élevé (42,86%) et de façon significative d'un point de vue statistique par rapport au pourcentage des élèves qui mobilisent des liens d'origine sociale (19,73%) pour ce type de lien. Par contre en classe de Seconde, les différences ne sont pas significatives.

## **SYNTHESE DE L'ETUDE DE L'IMPACT DES CONCEPTIONS D'ORIGINE SOCIALE SUR LES CONCEPTIONS D'ORIGINE SCOLAIRE CONCERNANT LES LIENS MOBILISES AVEC LE SYSTEME NERVEUX**

Les élèves de Seconde mobilisent davantage des liens correspondants à des conceptions d'origine sociale par rapport aux élèves de Cinquième qui mobilisent surtout des liens correspondants à des conceptions d'origine scolaire, sauf pour les liens « respiration / système nerveux » où tous les élèves mobilisent surtout des conceptions d'origine sociale. Donc, dans quelles mesures notre enseignement scolaire contribue-t-il à faire évoluer les conceptions des élèves, notamment les élèves de Seconde, si les liens qu'ils mobilisent correspondent surtout à des conceptions d'origine sociale?

Les élèves de Cinquième mobilisent surtout des liens correspondants à des conceptions d'origine scolaire, sauf pour les liens « respiration / système nerveux ». Nous émettons l'hypothèse que les élèves de Cinquième sont plus collés à ce « qui se passe en classe » alors que les élèves de Seconde sont plus capables d'intégrer des informations d'origines médiatique et sociale à celles d'origine scolaire. En ce qui concerne les liens « respiration / système nerveux », les conceptions des élèves de Cinquième sont surtout d'origine sociale car ce type de lien n'est pas prévu par le curriculum en classe de Cinquième.

### **Conclusion partielle pour : état des lieux concernant la capacité des élèves à relier les connaissances entre elles.**

Les élèves de Seconde et de Cinquième arrivent rarement à mobiliser des liens entre les différents concepts enseignés en physiologie humaine. L'approche selon le paradigme de la simplification loin de toute complexité semble induire un obstacle didactique important : celui du morcellement des connaissances. Cette étude se base sur l'analyse de la capacité des élèves à relier des mots d'un système physiologique donné au système lui-même. Loin d'être exhaustif, nous avons cherché à titre indicatif d'analyser les liens mobilisés. A la fin de cette partie, nous tirons les conclusions suivantes :

- 1- Dans le cadre de nos travaux<sup>105</sup> en 2000-2001, nous avons identifié chez les élèves de Cinquième, de Seconde et de Première, en France, un obstacle, déjà plusieurs fois identifié en didactique des sciences : celui de la tuyauterie continue<sup>106</sup>. Les résultats en 2001-2002, au Liban, montrent que la majorité des élèves de Cinquième et de Seconde fonctionne selon ce modèle. Cette conception se retrouve aussi bien au niveau de la tuyauterie digestive continue qu'au niveau de la tuyauterie respiratoire continue.

Des obstacles majeurs sont identifiés :

- L'absence de liens mobilisés entre le système digestif et le système circulatoire.
  - L'absence de liens mobilisés entre le système circulatoire et les échanges avec les cellules de l'organisme.
  - L'absence d'évocation de la respiration cellulaire.
- 2- Les élèves mobilisent peu des liens entre les systèmes physiologiques analysés et le système nerveux. Les élèves continuent à fonctionner comme si nos systèmes physiologiques étaient autonomes, automates et indépendants de toute connexion nerveuse.
  - 3- Un clivage existe entre le corps et le cerveau. Les émotions émanent du corps, le cerveau sert à penser et le système nerveux est impliqué dans les réflexes. Pour ces élèves, le traitement des informations n'implique pas le cerveau. Ce morcellement des connaissances est interprété par les cours et les manuels insistant sur l'implication du système nerveux dans les actes réflexes et non dans l'émergence des émotions.
  - 4- Rares sont les élèves qui mobilisent des liens entre les systèmes physiologiques analysés et le concept d'énergie. Quant ils le font, les élèves mobilisent ce type de liens dans l'ordre décroissant suivant : Système respiratoire/Energie → Système circulatoire/Energie → Système digestif/Energie → Système nerveux/Energie. Notre hypothèse est que la difficulté pour mobiliser ce type de lien est due à la marginalisation de l'enseignement du concept d'énergie lui-même et de l'enseignement des liens existants entre ce concept et les différents systèmes physiologiques enseignés.
  - 5- Les élèves arrivent à mobiliser des liens directs : liens construits entre les éléments anatomiques des systèmes physiologiques. Par contre les liens « en ricochets » qui nécessitent des liens construits entre plusieurs concepts restent peu mobilisés.
  - 6- Les réponses des élèves changent en fonction de la manière avec laquelle nous formulons la question : les élèves mobilisent différemment les liens entre un système physiologique et un autre, en fonction de la formulation de la question. Que la question commence par « système nerveux » ou par « système digestif » et

---

<sup>105</sup> DEA en construction des savoirs scientifique. *L'enseignement de la physiologie entre simplification et complexité*, El Hage 2001.

<sup>106</sup> Clément 1991.

pour un même type de liens attendu, nous obtenons le plus souvent des réponses différentes. Les liens semblent plus facilement mobilisés dans le sens : Système respiratoire → Système circulatoire → Système Digestif → Système nerveux.

- 7- Les élèves de Seconde mobilisent davantage des liens correspondants à des conceptions d'origine sociale par rapport aux élèves de Cinquième qui mobilisent surtout des liens correspondants à des conceptions d'origine scolaire, sauf pour les liens « respiration / système nerveux » où tous élèves mobilisent surtout des conceptions d'origine sociale.
  
- 8- Les réponses des élèves changent entre une question fermée et une situation-problème pour la mobilisation d'un même type de liens. 63% des élèves mobilisent des liens entre le stress et le système nerveux par exemple quand la question est fermée, contre 23% quand la question est du type « situation-problème ».

De façon globale, les élèves mobilisent peu de conceptions nécessitant la construction de liens entre plusieurs concepts enseignés en physiologie. La formation à la complexité semble être marginalisée dans notre enseignement scolaire. Nous désignons par « formation à la complexité » toute formation qui permettrait aux élèves de concevoir le tout comme différent de la somme des parties, comme le voulait déjà Pascal. De la sorte, nous nous retrouvons avec une pluralité d'éléments distincts, organisés et spécifiés, rangés différemment et, en conséquence, pourvus de significations nouvelles, notamment grâce au jeu de liens interactifs.

## **Conceptions des enseignants**

Ce chapitre présente les résultats du « questionnaire 2003 » obtenus à partir des réponses des enseignants de Cinquième et de Seconde. Ce questionnaire a été distribué aux enseignants qui ont participé à la session de formation 2003. L'objectif de cette analyse est de se renseigner sur les conceptions des enseignants en ce qui concerne l'importance accordée, dans le cadre de leur enseignement, à la construction des liens entre les différents concepts enseignés. Nous analyserons aussi leur compétence à mobiliser des liens entre les différents systèmes physiologiques, en tant qu'enseignants.

Ce questionnaire comprend deux parties :

|                  | <i>Type de question</i>   | <i>Contenu</i>   |
|------------------|---|--|
| <b>Partie I</b>  | Attentes et état des lieux des enseignants.   | 7 questions se rapportant à leurs attentes de la formation, à leurs conceptions des liens à faire construire par les élèves, entre concepts enseignés, et au rapport entretenu par ces enseignants au concept de l'erreur. |
| <b>Partie II</b> | Analyse des réponses proposées par les enseignants aux « Situations- problèmes » <sup>107</sup> | 3 situations – problèmes identiques à celles proposées aux élèves.   |

Chacune de ces deux parties, fera l'objet d'analyse et de traitement.

### **Partie I : Etat des lieux des enseignants**

L'objectif de cette partie est triple :

- ❖ Se renseigner sur la formation des enseignants et sur leurs attentes de la session.
- ❖ Se renseigner sur le rapport qu'entretiennent les enseignants au concept de l'erreur.
- ❖ Se renseigner sur l'importance accordée par les enseignants à la construction des liens entre les différents concepts enseignés en physiologie.

### **Section A : Formation et attentes des enseignants**

Cette section donne des informations sur les attentes des enseignants qui se sont portés volontaires pour la participation à la session de formation et dans l'application de certaines techniques pédagogiques dans leurs classes que nous qualifions d'expérimentales. Nous avons séparé les réponses des éducateurs qui enseignent uniquement en Cinquième ou uniquement en Seconde de ceux qui enseignent dans les deux niveaux (Cinquième et Seconde) pour analyser des écarts éventuels entre leurs réponses. Nous nous sommes intéressés aussi à l'analyse des besoins de ces enseignants indépendamment du thème qui leur a été proposé, celui de la construction des liens entre les concepts scientifiques, pour nous renseigner sur leurs attentes.

---

<sup>107</sup> Situation-problème : question ouverte présentant un problème de la vie. La résolution du problème ou la réponse attendue à ce type de question (sous la forme d'un schéma ou d'un texte explicatif) nécessite la mobilisation d'une série de liens entre plusieurs concepts étudiés. Il s'agit des mêmes situations proposées aux élèves.

## Attentes et besoins en formation

Les tableaux suivants présentent les pourcentages des enseignants en Seconde et en Cinquième en ce qui concerne leurs attentes et leurs besoins en formation. Le but étant de se rendre compte dans quelle mesure, les enseignants sont demandeurs de formation sur la construction de liens entre différents concepts scientifiques enseignés.

*A la question 1 : « Citez vos attentes de cette session de formation », les catégories et les pourcentages ci-dessous ont été obtenus.*

|  | Enseignants du Secondaire | Enseignants du Complémentaire | Enseignants du Secondaire et du Complémentaire |
|--|---------------------------|-------------------------------|--|
| Nouveauté méthodologique                   | 75,00%                    | 44,44%                        | 0,00%  |
| Initiation à l'interdisciplinarité         | 25,00%                    | 0,00%                         | 100,00%  |
| Nouveaux concepts pédagogiques             | 0,00%                     | 33,33%                        | 0,00%  |
| Réflexion sur les nouveaux thèmes          | 0,00%                     | 11,11%                        | 0,00%  |
| Echange d'expériences avec les enseignants | 0,00%                     | 11,11%                        | 0,00%  |

Tableau 0-22 : attentes des enseignants de Seconde et de Cinquième de la session de formation.

Ce tableau montre que 100 % des éducateurs qui enseignent en même temps en Seconde et en Cinquième s'attendent à une formation à l'interdisciplinarité. Par contre, 0% de ceux qui enseignent exclusivement en Cinquième et 25% seulement de ceux qui enseignent exclusivement en Seconde le demandent. Devrait-on en déduire que les enseignants qui s'adressent à des niveaux différents sont plus conscients de l'importance de l'interdisciplinarité ?

Par ailleurs, le plus grand pourcentage des enseignants demandeurs de formation à de nouveaux concepts pédagogiques est celui des enseignants de Cinquième (33%). 75% de ceux qui enseignent exclusivement en Seconde et 44% de ceux qui enseignent exclusivement en Cinquième s'attendent à des nouveautés méthodologiques.

*A la question 2 : « Formulez vos besoins en formation », les catégories et les pourcentages ci-dessous ont été obtenus.*

|   | Enseignants du Secondaire | Enseignants du Complémentaire | Enseignants du Secondaire et du Complémentaire |
|---|---------------------------|-------------------------------|--|
| Contenu disciplinaire (endocrinologie, Physiologie) | 25,00%                    | 11,11%                        | 50,00%   |
| Méthodes d'apprentissage                            | 25,00%                    | 22,22%                        | 0,00%  |
| Nouveaux concepts didactiques                       | 0,00%                     | 22,22%                        | 0,00%  |
| Eviter le morcellement des connaissances            | 25,00%                    | 0,00%                         | 0,00%  |
| Pas de réponse                                      | 25,00%                    | 44,44%                        | 50,00%   |

Tableau 0-23: les besoins de formation chez les enseignants de Seconde et de Cinquième.

## Synthèse de la section A:

Nous retrouvons, à partir de ce tableau, que 0% des enseignants en Seconde et en Cinquième et 0% des enseignants en Cinquième (exclusivement) ressentent des besoins de formation dans le but d'éviter le morcellement des connaissances. Une contradiction importante est à noter entre les attentes de ceux qui enseignent en même temps en Seconde et en Cinquième (Tableau 4-22) et leurs besoins en formation (Tableau 4-23) : ces mêmes enseignants qui, au niveau des attentes, s'attendent à une formation à l'interdisciplinarité (100% des enseignants, tableau 4-22), n'évoquent pas, au niveau des besoins, leurs souhaits à être formés pour éviter le morcellement des connaissances (tableau 4-23). Nous émettons à l'occasion, deux hypothèses :

- 1- *Soit que ces enseignants ne conçoivent pas que l'enjeu fondamental de l'interdisciplinarité est la mobilisation des liens et donc la lutte contre le morcellement des connaissances.*
- 2- *Soit que « l'interdisciplinarité » est un concept tellement en vogue dans le monde de l'éducation, que les enseignants conçoivent mal une formation qui exclut ce concept, sans que cela réponde à un besoin de formation de leur part.*

*La moitié (50%) de ces enseignants (ceux qui enseignent en même temps en Seconde et en Cinquième) ressentent le besoin d'être formés au niveau du contenu. Ce résultat devrait-il nous pousser à repenser l'adéquation de la formation universitaire disciplinaire initiale de ces enseignants avec le contenu des nouveaux programmes scolaires ?*

### Section B : Les représentations des enseignants

L'objectif de cette section est d'identifier et d'analyser les représentations que les enseignants se font :

- ❖ Des difficultés rencontrées par les élèves, en SVT.
- ❖ Des compétences les plus importantes à développer chez leurs élèves.
- ❖ Les objectifs que les enseignants se fixent pour aborder la physiologie humaine.
- ❖ Les objectifs des évaluations pratiquées.

Le but de cette analyse est triple :

- ❖ Savoir si les enseignants sont conscients de la difficulté qu'éprouvent les élèves dans la mobilisation de liens entre les concepts enseignés et que c'est une compétence à faire construire.
- ❖ Savoir si, dans le cadre de leurs cours, les enseignants se fixent comme objectif « le dépassement de cet obstacle ».
- ❖ Savoir s'ils tiennent compte de la complexité et de la mobilisation des liens construits, au niveau des évaluations pratiquées.

## Les représentations des enseignants concernant les difficultés rencontrées par les élèves

A la question 3 : « Pour vous, enseignants, citez les principales difficultés rencontrées par les élèves, du point de vue « contenu » et du point de vue « méthode », les réponses suivantes ont été obtenues<sup>108</sup>.

|   | N° de l'enseignant | Difficultés au niveau du "contenu"   | Difficultés au niveau des "méthodes"   |
|---|--------------------|--|--|
| Enseignants du Secondaire                       | 1                  | La quantité de contenu à faire acquérir en peu de temps.   | La difficulté d'aider les élèves à faire des liens en vue d'une synthèse.                            |
|   | 2                  | L'adaptation de l'organisme à l'effort car l'étude des systèmes circulatoire et nerveux ne sont pas abordées en Sec. | Sans réponse   |
|   | 3                  | Conceptions des élèves difficiles à déstabiliser.  | Conceptions méthodologiques des élèves difficiles à remettre en question.                            |
|   | 4                  | L'absence de liens entre les différents thèmes du livre.   | Sans réponse   |
| Enseignants du complémentaire                   | 5                  | Le caractère hétérogène des niveaux des élèves   | Difficultés d'expression et complexité du matériel pour la mise en situation                         |
|   | 6                  | Le nombre de mots scientifiques à retenir  | Interprétation d'un graphe et Communication scientifique.  |
|   | 7                  | La quantité de contenu à faire acquérir en peu de temps.   | Difficultés dans la formulation des hypothèses.  |
|   | 8                  | Le manque de sérieux des élèves  | Sans réponse   |
|   | 9                  | Les problèmes d'expression rencontrés par les élèves   | Mobilisation des liens entre acquisitions scolaires et vie courante                                  |
|   | 10                 | Sans réponse   | Construction de liens entre les données relatives à un même sujet pour pouvoir tirer une conclusion. |
|   | 11                 | La difficulté des notions  | Les techniques de communication  |
|   | 12 et 13           | Sans réponse (2 enseignants)   | Sans réponse (2 enseignants)   |
| Enseignants du secondaire et du complémentaires | 14                 | Sans réponse   | La rédaction d'un texte scientifiquement correct   |
|   | 15                 | Les notions se rapportant aux sciences de la terre   | L'interprétation des expériences   |

Tableau 0-24 : les représentations que les enseignants se font des difficultés rencontrées par leurs élèves.

<sup>108</sup> Toutes les phrases dans les tableaux sont les citations des enseignants.

A la question 4 : « Mettre une croix en face des trois compétences qui vous semblent les plus importantes pour chacune des classes indiquées dans le tableau », les pourcentages suivants ont été obtenus.

|   | Enseignants du Secondaire | Enseignants du Complémentaire | Enseignants du Secondaire et du Complémentaire |                     |
|---|---------------------------|-------------------------------|--|---------------------|
|   | Classe de Seconde         | Classe de Cinquième           | Classe de Seconde                              | Classe de Cinquième |
| Analyser un texte scientifique                        | 16.67%                    | 18.52%                        | 33.33%   | 16.67%              |
| Faire un graphe et l'analyser                         | 8.33%                     | 29.63%                        | 0.00%  | 16.67%              |
| Interpréter une image scientifique                    | 0.00%                     | 7.41%                         | 0.00%  | 33.33%              |
| Rédiger un texte scientifiquement pertinent           | 8.33%                     | 7.41%                         | 0.00%  | 0.00%               |
| Faire des liens entre les connaissances scientifiques | 8.33%                     | 14.81%                        | 33.33%   | 0.00%               |
| Réaliser une expérience                               | 16.67%                    | 0.00%                         | 0.00%  | 0.00%               |
| Formuler des hypothèses                               | 8.33%                     | 14.81%                        | 16.67%   | 0.00%               |
| Imaginer un protocole expérimental                    | 16.67%                    | 3.70%                         | 0.00%  | 16.67%              |
| Annoter un schéma                                     | 8.33%                     | 0.00%                         | 0.00%  | 0.00%               |
| Construire un schéma bilan                            | 8.33%                     | 3.70%                         | 16.67%   | 16.67%              |

Tableau 0-25 : pourcentages des enseignants en fonction des compétences qui leur semblent les plus importantes à développer chez leurs élèves.

A la question 5 : « Citez, en termes de savoir-faire, les objectifs que vous vous fixez quand vous expliquez la partie « physiologie humaine », les réponses suivantes ont été obtenues.

|  |    |   |
|--|----|---|
| Enseignants du Secondaire                      | 1  | Comprendre un concept et le relier et le relier à d'autres concepts                               |
|  | 2  | La compréhension globale du fonctionnement de l'organisme   |
|  | 3  | Faire et analyser un graphe. Interpréter une image scientifique (Synapse).                        |
|  | 4  | Construire un schéma bilan  |
| Enseignants du Complémentaire                  | 5  | Fonctionnement de l'appareil.   |
|  | 6  | Relations entre plusieurs appareils physiologiques  |
|  | 7  | Faire comprendre ce qui est simplifié en 5° et en réalité complexe                                |
|  | 8  | Savoir analyser un document et savoir extraire ce qui est important au thème étudié               |
|  | 9  | Analyser une expérience. Formuler des hypothèses. Interpréter des résultats. Tirer une conclusion |
|  | 10 | Faire et interpréter des schémas fonctionnels   |
|  | 11 | Faire des synthèses. Lier les systèmes  |
|  | 12 | Réaliser que l'organisme est un tout  |
|  | 13 | Sans réponse  |
| Enseignants du Secondaire et du Complémentaire | 14 | Exploitation d'un document. Lui donner un titre et exploiter un tableau de valeurs                |
|  | 15 | Faire des liens entre les connaissances scientifiques. Formuler des hypothèses.                   |

Tableau 0-26: les objectifs fixés par les enseignants lors de l'explication de la partie « physiologie humaine ».

A la question 6 : « A propos de l'évaluation, cochez la case convenable », les pourcentages suivants ont été obtenus.

| Fréquence  | Enseignants du secondaire |     |    | Enseignants du complémentaire |     |    | Enseignants du secondaire Et du complémentaire |      |    |                     |      |    |
|--|---------------------------|-----|----|-------------------------------|-----|----|--|------|----|---------------------|------|----|
|  | Classe de Seconde         |     |    | Classe de Cinquième           |     |    | Classe de Seconde                              |      |    | Classe de Cinquième |      |    |
|  | S                         | QQF | J  | S                             | QQF | J  | S  | QQF  | J  | S                   | QQF  | J  |
| Questions concernant une notion ponctuelle   | 50%                       | 50% | 0% | 44%                           | 55% | 0% | 0%   | 100% | 0% | 50%                 | 50%  | 0% |
| Questions nécessitant de relier des notions ayant été traitées dans des chapitres différents | 50%                       | 25% | 0% | 55%                           | 44% | 0% | 100%   | 0%   | 0% | 0%                  | 100% | 0% |
| Evaluation portant sur un chapitre   | 50%                       | 50% | 0% | 100%                          | 0%  | 0% | 100%   | 0%   | 0% | 100%                | 0%   | 0% |
| Evaluation portant sur l'ensemble d'un thème ou de toute une partie du programme             | 25%                       | 75% | 0% | 33%                           | 55% | 0% | 50%  | 50%  | 0% | 0%                  | 100% | 0% |

Tableau 0-27: pourcentages de la fréquence des domaines de compétences évalués par les enseignants.

**Légende**

|                    |  |
|--------------------|--|
| <i>S</i>           | <i>Souvent</i>   |
| <i>QQF</i>         | <i>Quelquefois</i>   |
| <i>J</i>           | <i>Jamais</i>  |
| <b>Pourcentage</b> | <i>Pourcentage des enseignants qui évaluent souvent cette compétence</i> |

## Synthèse de la section B :

- 25% des enseignants du Secondaire (1/4) et 11% de ceux du complémentaire (1/9), évoquent la difficulté de faire construire des liens par les élèves. Les enseignants semblent être inconscients du problème de « morcellement des connaissances » (tableau 4-24).

- Les enseignants semblent ne pas accorder suffisamment d'importance au développement de la compétence « Faire des liens les connaissances scientifiques », au cours de leurs enseignement : le meilleur pourcentage obtenu, et qui reste en deçà de nos souhaits, est de 33,33% chez les enseignants qui assurent simultanément des cours dans le Secondaire et dans le Complémentaire (tableau 4-25).

- 50% des enseignants du Secondaire, 45% des enseignants du Complémentaire et 50% des enseignants des deux cycles simultanément, assurent qu'ils se fixent comme objectif : « la construction par les élèves, de liens entre divers concepts enseignés ». Ce résultat est étonnant puisqu'il est en contradiction avec les résultats obtenus précédemment. Notre hypothèse est que les enseignants ont été influencés par le titre de la session de formation, tel qu'il a été annoncé par le formateur « formation à la complexité et à l'apprentissage par résolution de problèmes pour faciliter la construction de liens en physiologie » (tableau 4-26).

- 50% des enseignants du Secondaire, 55% des enseignants du Complémentaire et 100% des enseignants des deux cycles simultanément, disent qu'ils évaluent souvent la compétence « relier des notions ayant été traitées dans des chapitres différents ».

### **Section C : Le rapport des enseignants au concept de l'erreur.**

L'objectif de cette section est d'identifier les conceptions des enseignants concernant le concept de l'erreur. La finalité est d'analyser le rapport que ces enseignants entretiennent avec l'erreur et la place qu'ils y accordent dans leur enseignement.

***A la question 7 : « Imaginez que vous prenez conscience d'avoir fait une erreur, caractérisez en un mot le sentiment ou l'émotion que vous éprouvez<sup>109</sup> ». Les catégories et les pourcentages suivants ont été obtenus.***

| <i>Catégories de réponses</i>     | <i>Mots qui traduisent des sentiments et des émotions qui inhibent l'action (malaise, frustration, déception, échec, dévalorisation, idiotie, honte, culpabilité, colère)</i> | <i>Mots qui traduisent des sentiments et des émotions qui régulent ou qui débouchent sur l'action (correction, profit ou leçon pour l'avenir, remise en question de la méthode d'enseignement appliquée et de soi-même)</i> |
|-----------------------------------|---|---|
| <i>Pourcentages d'enseignants</i> | 93%   | 7%  |

Tableau 0-28 : pourcentages des enseignants concernant leurs conceptions du concept de l'erreur.

### **Synthèse pour la section C :**

- 7% seulement (soit un enseignant sur 15) conçoivent l'erreur comme un moyen de remise en question pour interroger leurs pratiques et leurs méthodes d'enseignement. C'est le seul enseignant de l'échantillon qui considère qu'on peut tirer profit de l'erreur.

- Tous les autres enseignants (14 enseignants sur 15) évoquent des mots concernant un sentiment désagréable (malaise ou frustration), une image négative de soi-même (déception, idiotie) ou un sentiment de culpabilité (échec, honte, culpabilité).

<sup>109</sup> Question proposée dans les travaux de Favre 1999.

## Partie II : La compétence des enseignants à résoudre des situations-problèmes, avant le stage de formation

L'objectif de cette partie est de nous renseigner, avant toute intervention de formation de notre part, sur la compétence des enseignants à résoudre des situations-problèmes qui nécessitent la mobilisation d'un ensemble de concepts reliés en physiologie. Nous avons proposé aux 15 enseignants qui ont participé au stage de formation, les mêmes situations-problèmes<sup>110</sup> qui ont été proposées aux élèves. Nous avons obtenu les résultats suivants :

### SITUATION-PROBLEME 1 :

**RAPPEL :** Eric a bu un litre d'eau ; peu de temps après, il sent le besoin d'uriner. Faites un schéma annoté indiquant tous les lieux par où transite le liquide ingéré, depuis le moment où il a bu jusqu'au moment où il urine.

| Catégories des réponses obtenues                                       | Pourcentage des enseignants |
|--|-----------------------------|
| Tube digestif avec passage par la cellule et par le sang               | 40%                         |
| Arrêt au niveau des reins  | 20%                         |
| Trois ramifications indépendantes : Circulation, excrétion, défécation | 40%                         |

Tableau 0-29 : pourcentage des enseignants qui ont mobilisé des liens entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur.

### SITUATION-PROBLEME 2 :

**RAPPEL :** Nathalie court en pleine nature, son rythme respiratoire et sa fréquence cardiaque augmentent. Faites un schéma annoté montrant le trajet complet de l'oxygène de l'air, dans tous les lieux où passe l'oxygène dans son corps, entre le moment où Nathalie inspire de l'air jusqu'au moment où elle l'expire.

| Catégories des réponses obtenues                                    | Pourcentage des enseignants |
|---|-----------------------------|
| Tuyauterie respiratoire continue sans passage par le sang           | 20%                         |
| Tube respiratoire avec passage par le sang                          | 60%                         |
| Ramifications : vers le cœur d'une part et vers les poumons d'autre | 20%                         |

<sup>110</sup> Pour les réponses attendues aux situations-problèmes, se référer à la partie « état des lieux des élèves ».

|              |  |
|--------------|--|
| <b>part.</b> |  |
|--------------|--|

Tableau 0-30: pourcentage des enseignants qui ont mobilisé des liens entre le système respiratoire et le système circulatoire.

### SITUATION-PROBLEME 3 :

**RAPPEL : Gabriel regarde un film d’horreur à la télévision. Son rythme respiratoire et son rythme circulatoire augmentent. Faites un schéma annoté montrant par quels mécanismes ses rythmes augmentent-ils. Indiquez tous les organes impliqués.**

| Catégories des réponses obtenues             | Pourcentage des enseignants |
|--|-----------------------------|
| Liens mobilisés avec le système nerveux      | <b>90%</b>                  |
| Liens mobilisés avec le système digestif     | <b>0%</b>                   |
| Liens mobilisés avec le système respiratoire | <b>95%</b>                  |
| Liens mobilisés avec le système circulatoire | <b>80%</b>                  |
| Liens mobilisés avec le système excréteur    | <b>20%</b>                  |

Tableau 0-31: pourcentage des enseignants qui ont mobilisé des liens entre le sentiment de peur et les systèmes physiologiques analysés.

## Synthèse

Les enseignants ont des difficultés (tout comme leurs élèves) à mobiliser des liens entre les systèmes physiologiques enseignés pour résoudre un problème :

- Les enseignants semblent ne pas mobiliser de liens entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur : 40% des enseignants évoquent trois ramifications indépendantes (circulation, excrétion et défécations), 20% arrêtent le chemin de l’eau aux reins et 40% évoquent le sang et les échanges cellulaires (situation 1, tableau 4-29).
- En ce qui concerne le système respiratoire, la situation est légèrement meilleure : 60% des enseignants mobilisent de liens entre le système respiratoire et le système circulatoire. Cependant, 40% des enseignants ne le font pas (situation 2, tableau 4-30).
- La situation est nettement meilleure, au niveau des liens mobilisés entre le sentiment de peur, le système nerveux et le système circulatoire (situation 3, tableau 4-31).

### **Conclusion partielle concernant les conceptions des enseignants**

Les enseignants qui ont participé à la session de formation, quoique très expérimentés dans le domaine de l'enseignement, semblent marginaliser l'enseignement de la construction de liens entre différents concepts enseignés, en physiologie. En ce qui concerne leur compétence à mobiliser ces liens, la situation est légèrement meilleure par rapport à celle des élèves, mais elle reste en deçà de nos attentes et aspirations. D'où l'importance de la mise en place de ce stage de formation sur la complexité et l'apprentissage par résolution de problème. Notre hypothèse est que si nous voulons que leurs élèves maîtrisent cette compétence, il faut bien que les enseignants la maîtrisent aussi. Afin de nous assurer du changement conceptuel opéré chez ces enseignants « formés à la complexité », un entretien et l'équivalent d'un post-test ont été effectués pendant l'année suivant la session de formation (Cinq enseignants des 15 ont accepté d'y participer). Par ailleurs, ces enseignants et en majorité (93%) entretiennent un rapport à l'erreur, fondé sur « un sentiment négatif » qui inhibe l'action.

### **Evaluation des effets de la formation des enseignants sur les productions des élèves.**

Cette section présente les résultats des deux questionnaires :

- 1- Le Pré-test : Il s'agit du questionnaire d'octobre 2002 qui a été adressé à tous les élèves de Seconde et de Cinquième. Ce questionnaire a été complété par les élèves de huit écoles avant toute intervention de notre part.
- 2- Le Post-test : Il s'agit du même questionnaire auquel a été ajoutée une quatrième « situation-problème » pour une passation en mai 2003. Il a été adressé également à tous les élèves de Seconde et de Cinquième concernés par le pré-test.

Au niveau du traitement statistique, seront distingués et comparés :

- Les productions des élèves dont les enseignants n'ont pas suivi la session de formation : les élèves d'une classe de Seconde et d'une classe de Cinquième de quatre écoles (Soit huit classes = groupe témoin « T »)
- Et les productions des élèves dont les enseignants ont suivi la session de formation : les élèves d'une classe de Seconde et d'une classe de Cinquième de quatre autres écoles (Soit huit classes = groupe expérimental « E »)

Cette section comprend trois parties :

|                   | <i>Contenu</i>   | <i>questionnaires</i>  |
|-------------------|--|--|
| <b>Partie I</b>   | Comparaison des réponses obtenues au pré-test dans les différentes écoles avant toute intervention de formation  | <b>Octobre 2002</b><br>- Trois « Situations - problèmes » <sup>111</sup><br>- Cinq questions fermées se rapportant aux cinq systèmes physiologiques analysés |
| <b>Partie II</b>  | Comparaison entre les résultats au pré-test et au post-test pour le « groupe témoin » et pour le « groupe expérimental » afin d'évaluer les effets de la formation des enseignants | <b>Mai 2003</b><br>- Quatre « Situations - problèmes » <sup>112</sup><br>- Cinq questions fermées se rapportant aux cinq systèmes physiologiques analysés    |
| <b>Partie III</b> | Evolution des conceptions des enseignants ayant participé à la session de formation  | <b>Mars 2004</b><br>- Deux nouvelles situations-problèmes<br>- Entretien oral  |

L'objectif de cette analyse est triple :

- 1- Comparer les compétences des élèves du groupe témoin « T » avec celles du groupe expérimental « E », avant toute formation d'enseignant de notre part.
- 2- Evaluer les effets de la formation des enseignants sur les productions des élèves, dans chacun des groupes « T » et « E ».
- 3- Evaluer l'effet de la formation sur l'évolution des conceptions des enseignants et suivre l'impact de cette formation sur les changements de pratiques enseignantes en classe.

### **Partie I : Comparaison des réponses des élèves des groupes témoins « t » et expérimentaux « e » au pré-test**

L'objectif de cette partie est de comparer les résultats obtenus à partir des réponses des élèves, des deux groupes d'écoles :

- Le groupe des écoles dont les enseignants n'ont pas suivi la session de formation. Le groupe « T ».
- Le groupe des écoles dont les enseignants ont suivi la session de formation. Le groupe « E ».

La finalité de cette comparaison est de comprendre si une différence statistiquement significative existe entre les élèves des deux groupes « T » et « E », avant toute intervention de formation de notre part.

<sup>111</sup> Situation-problème : question ouverte présentant un problème de la vie. La résolution du problème ou la réponse attendue à ce type de question (sous la forme d'un schéma ou d'un texte explicatif) nécessite la mobilisation d'une série de liens entre plusieurs concepts étudiés. Les situations sont identiques à celles qui ont été proposées au questionnaire « Etat des lieux ».

<sup>112</sup> Une nouvelle « situation-problème » a été ajoutée au post-test pour évaluer la transférabilité de la compétence « relier des connaissances pour résoudre un problème ».

Cette partie présente une comparaison à deux niveaux, par situation :

- Premier niveau : Comparaison entre les pourcentages des élèves, des deux groupes « T » et « E », qui ont mobilisé des liens entre les systèmes physiologiques analysés, par marge de 25% de réponses attendues par situation.
- Deuxième niveau : Comparaison entre les pourcentages des « mots attendus » et « mots non-attendus » mentionnés par les élèves des deux groupes « T » et « E ».

### **Comparaison des productions des élèves par situation du pre-test, pour les groupes « t » et « e ».**

Suite à un rappel des situations, des questions et des réponses attendues au pré-test, une comparaison avec un traitement statistique permettra de se renseigner sur les niveaux de compétence des élèves à mobiliser des liens entre les systèmes physiologiques analysés, avant toute intervention de formation de notre part. Dans les tableaux des résultats obtenus au pré-test, les réponses sont groupées par marge de 25% de réponses attendues. Les classes de Cinquièmes et de Secondes ont été regroupées vu que notre objectif est de comparer les niveaux des élèves des deux échantillons avant toute formation.

## **LES SITUATIONS-PROBLEMES DU PRE-TEST :**

Trois situations-problèmes identiques à celles du questionnaire 2001-2002 « état des lieux concernant la capacité des élèves à relier les connaissances en physiologie », ont été proposées au pré-test, en 2002-2003.

L'objectif de cette partie est double :

- Avoir des informations concernant la capacité des élèves à mobiliser des liens entre les concepts enseignés en physiologie. Les résultats seront comparés à ceux obtenus en 2001-2002, afin de savoir si la population de l'échantillon du pré-test, présente une évolution quelconque quant à la capacité de relier les connaissances.
- Savoir si *a priori*, avant toute intervention de formation, une différence significative existe entre les deux échantillons « E » et « T ».

RAPPEL DE LA SITUATION 1 :

**Eric a bu un litre d'eau ; peu de temps après, il sent le besoin d'uriner. Faites un schéma annoté indiquant tous les lieux par où transite le liquide ingéré, depuis le moment où il a bu jusqu'au moment où il urine.**

Réponse attendue (Rappel)

*L'élève doit dessiner l'ensemble des éléments marqués ci-dessous :*

*Bouche – Pharynx- Œsophage – Estomac- Intestin grêle -Gros intestin-Rectum-Anus-Plasma-Sang-Cellule-Organe-Rein-Urètre-Vessie-Urètre-Urine.*

## Résultats obtenus

| Classes                  | Groupe T<br>Secondes et Cinquièmes | Groupe E<br>Secondes et Cinquièmes |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Résultats</b>         | <b>Pré-test</b>                    | <b>Pré-test</b>                    |
| [75-100]                 | 0,00%                              | 0,00%                              |
| [50-75[                  | 0,00%                              | 6,16%                              |
| [25-50[                  | 63,16%                             | 66,35%                             |
| [0-25[                   | 36,84%                             | 27,49%                             |
| Donc [50-100]            | 0,00%                              | <b>6,16%</b>                       |
| Différence significative | PV = 0,0004 (S)                    |                                    |

Tableau 0-32 : pourcentages des élèves qui ont dessinés les liens entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur en réponse à la situation problème 1 du pré-test.

### Légende

|          |   |
|----------|---|
| Groupe T | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation                    |
| Groupe E | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation              |
| Pré-test | Résultats de la situation problème 1 du test effectué en octobre 2002 |

### RAPPEL DE LA SITUATION 2 :

**Nathalie court en pleine nature, son rythme respiratoire et sa fréquence cardiaque augmentent. Faites un schéma annoté montrant le trajet complet de l'oxygène de l'air, dans tous les lieux où passe l'oxygène dans son corps, entre le moment où Nathalie inspire de l'air jusqu'au moment où elle l'expire.**

Réponse attendue (Rappel)

*L'élève doit dessiner l'ensemble des éléments marqués ci-dessous :*

**Nez- Bouche- Pharynx - Larynx- Trachée artère –Bronchioles – Poumons –Capillaires sanguins –Capillaires artériels- Sang - Coeur- Cellule - Muscle- Air.**

## Résultats obtenus

| Classes                  | Groupe T<br>Secondes et Cinquièmes | Groupe E<br>Secondes et Cinquièmes |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Résultats</b>         | <b>Pré-test</b>                    | <b>Pré-test</b>                    |
| [75-100]                 | 0,48%                              | 4,27%                              |
| [50-75[                  | 7,66%                              | 25,59%                             |
| [25-50[                  | 39,23%                             | 43,60%                             |
| [0-25[                   | 52,63%                             | 26,54%                             |
| Donc [50-100]            | 8,13%                              | <b>29,86%</b>                      |
| Différence significative | PV = 0,0001 (S)                    |                                    |

Tableau 0-33 : pourcentage des élèves qui ont dessinés les liens entre le système respiratoire et le système circulatoire en réponse à la situation problème 2 du pré-test.

### Légende

|          |   |
|----------|---|
| Groupe T | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation                    |
| Groupe E | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation              |
| Pré-test | Résultats de la situation problème 2 du test effectué en octobre 2002 |

### RAPPEL DE LA SITUATION 3 :

**Gabriel regarde un film d'horreur à la télévision. Son rythme respiratoire et son rythme circulatoire augmentent. Faites un schéma annoté montrant par quels mécanismes ses rythmes augmentent-ils. Indiquez tous les organes impliqués.**

Réponse attendue (Rappel)

*L'élève doit dessiner l'ensemble des éléments marqués ci-dessous :*

*Eléments du système nerveux - Coeur- fréquence cardiaque- Poumons- Glandes- Fréquence pulmonaire – Glucose*

### **Résultats obtenus**

| Classes                  | Groupe T<br>Secondes et Cinquièmes | Groupe E<br>Secondes et Cinquièmes |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Résultats</b>         | <b>Pré-test</b>                    | <b>Pré-test</b>                    |
| [75-100]                 | 0,00%                              | 6,64%                              |
| [50-75[                  | 11,48%                             | 9,00%                              |
| [25-50[                  | 23,44%                             | 24,17%                             |
| [0-25[                   | 65,07%                             | 60,19%                             |
| Donc [50-100]            | 11,48%                             | <b>15,64%</b>                      |
| Différence significative | PV = 0,0019 (S)                    |                                    |

Tableau 0-34 : pourcentage des élèves qui ont dessinés les liens entre le système nerveux, le système respiratoire, le système circulatoire et le système digestif en réponse à la situation problème 3 du pré-test.

#### **Légende**

|                 |  |
|-----------------|--|
| <i>Groupe T</i> | <i>Elèves dont les enseignants ont suivi la formation</i>                    |
| <i>Groupe E</i> | <i>Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation</i>              |
| <i>Pré-test</i> | <i>Résultats de la situation problème 3 du test effectué en octobre 2002</i> |

Au niveau des trois situations-problèmes, les élèves dont les enseignants se sont inscrits pour participer à la formation (les élèves de l'échantillon « E ») mobilisent davantage des liens que ceux de l'échantillon « T » avant toute intervention de notre part. Ceci montre que ces élèves « E » réussissent davantage ces situations, mais deux points sont à noter :

-Les pourcentages restent bas et la compétence « résolution de problèmes par mobilisation de liens entre différents concepts enseignés » reste à développer chez les élèves.

-Nous ne comparerons pas, dans le cadre de cette étude, l'échantillon « E » à « T » (comparaison horizontale). Nous allons comparer les résultats des élèves au sein de chacun des échantillons avant et après la formation (comparaison verticale).

## **LES QUESTIONS FERMEES DU PRE-TEST**

Cinq questions fermées se rapportant aux cinq systèmes physiologiques analysés (le système digestif, le système respiratoire, le système circulatoire, le système nerveux et le système excréteur) ont été proposées au pré-test. L'objectif de cette partie est de savoir si les questions fermées (donc la nature même de la formulation de la question) influent sur la mobilisation des liens par les élèves.

**RAPPEL DE LA QUESTION 4a – ANALYSE DES LIENS MOBILISES AVEC LE SYSTEME DIGESTIF:**

Parmi la liste des mots suivants, regroupez ceux qui sont « en lien » avec le système digestif : œsophage, nerfs, foie, reins, cerveau, langue, système nerveux, sang, dioxygène, rythme cardiaque, appétit, stress, excès de peur, rythme respiratoire, besoins en énergie, circulation sanguine, état affectif, nature des aliments, oxydation des nutriments, effort physique, rate, fonctionnement des cellules nerveuses, ventilation pulmonaire, consommation d’oxygène au niveau des muscles, pharynx, moelle épinière, fonctionnement des cellules intestinales, pancréas, glandes salivaires, organes de sens.

***REponses ATTENDUES***

| Liste des mots attendus (28 mots)  | Système physiologique correspondant |
|--|-------------------------------------|
| Œsophage, foie, langue, appétit, nature des aliments, pharynx, fonctionnement des cellules intestinales, pancréas, glandes salivaires          | Le système digestif                 |
| Nerfs, cerveau, système nerveux, stress, excès de peur, état affectif, fonctionnement des cellules nerveuses, moelle épinière, organes de sens | Le système nerveux                  |
| Dioxygène, rythme respiratoire, oxydation des nutriments, ventilation pulmonaire, consommation d’oxygène au niveau des muscles                 | Le système respiratoire             |
| Sang, circulation sanguine, rythme cardiaque   | Le système circulatoire             |
| -  | Le système excréteur                |
| Besoins en énergie, effort physique  |                                     |

***Résultats obtenus***

| Classes                  | Groupe T<br>Secondes et Cinquièmes | Groupe E<br>Secondes et Cinquièmes |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Résultats</b>         | <b>Pré-test</b>                    | <b>Pré-test</b>                    |
| [75-100]                 | 0,00%                              | 0,00%                              |
| [50-75[                  | 2,39%                              | 3,32%                              |
| [25-50[                  | 65,55%                             | 76,78%                             |
| [0-25[                   | 32,06%                             | 19,91%                             |
| Donc [50-100]            | 2,39%                              | <b>3,32%</b>                       |
| Différence significative | PV = 0,0170 (S)                    |                                    |

Tableau 0-35 : pourcentage des élèves qui ont dessiné les liens entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques en réponse à la question fermée 4a du pré-test.

**Légende**

|          |   |
|----------|---|
| Groupe T | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation                  |
| Groupe E | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation            |
| Pré-test | Résultats de la question fermée 4a du test effectué en octobre 2002 |

**RAPPEL DE LA QUESTION 4b – ANALYSE DES LIENS MOBILISES AVEC LE SYSTEME RESPIRATOIRE:**

Parmi la liste des mots suivants, regroupez ceux qui sont « en lien » avec le système respiratoire :

œsophage, nerfs, foie, reins, cerveau, langue, système nerveux, sang, dioxygène, rythme cardiaque, appétit, stress, excès de peur, rythme respiratoire, besoins en énergie, circulation sanguine, état affectif, nature des aliments, oxydation des nutriments, effort physique, rate,

R

Liste des mots attendus (20 mots)

Système physiologique correspondant

|  |                         |
|--|-------------------------|
| Nature des aliments, pharynx, fonctionnement des cellules intestinales   | Le système digestif     |
| Nerfs, cerveau, système nerveux, stress, excès de peur, état affectif, fonctionnement des cellules nerveuses                   | Le système nerveux      |
| Dioxygène, rythme respiratoire, oxydation des nutriments, ventilation pulmonaire, consommation d'oxygène au niveau des muscles | Le système respiratoire |
| Sang, circulation sanguine, rythme cardiaque   | Le système circulatoire |
| -  | Le système excréteur    |
| Besoins en énergie, effort physique  |                         |

**Résultats obtenus**

| Classes                  | Groupe T               | Groupe E               |
|--------------------------|------------------------|------------------------|
|                          | Secondes et Cinquièmes | Secondes et Cinquièmes |
| <b>Résultats</b>         | <b>Pré-test</b>        | <b>Pré-test</b>        |
| [75-100]                 | 0,48%                  | 0,47%                  |
| [50-75[                  | 9,09%                  | 15,64%                 |
| [25-50[                  | 48,80%                 | 56,87%                 |
| [0-25[                   | 41,63%                 | 27,01%                 |
| Donc [50-100]            | 9,57%                  | <b>16,11%</b>          |
| Différence significative | PV = 0,0094 (S)        |                        |

Tableau 0-36 : pourcentages des élèves qui ont dessiné les liens entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques en réponse à la question fermée 4b du pré-test.

**Légende**

Groupe T Elèves dont les enseignants ont suivi la formation  
 Groupe E Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation  
 Pré-test Résultats de la question fermée 4b du test effectué en octobre 2002

**RAPPEL DE LA QUESTION 4c – ANALYSE DES LIENS MOBILISES AVEC LE SYSTEME CIRCULATOIRE:**

Parmi la liste des mots suivants, regroupez ceux qui sont « en lien » avec le système circulatoire : œsophage, nerfs, foie, reins, cerveau, langue, système nerveux, sang, dioxygène, rythme cardiaque, appétit, stress, excès de peur, rythme respiratoire, besoins en énergie, circulation sanguine, état affectif, nature des aliments, oxydation des nutriments, effort physique, rate, fonctionnement des cellules nerveuses, ventilation pulmonaire, consommation d'oxygène au niveau des muscles, pharynx, moelle épinière, fonctionnement des cellules intestinales, pancréas, glandes salivaires, organes de sens.

## REPONSES ATTENDUES

| Liste des mots attendus (22 mots)  | Système physiologique correspondant |
|--|-------------------------------------|
| Nature des aliments, fonctionnement des cellules intestinales  | Le système digestif                 |
| Nerfs, cerveau, système nerveux, stress, excès de peur, état affectif, fonctionnement des cellules nerveuses, moelle épinière  | Le système nerveux                  |
| Dioxygène, rythme respiratoire, oxydation des nutriments, ventilation pulmonaire, consommation d'oxygène au niveau des muscles | Le système respiratoire             |
| Sang, circulation sanguine, rate, rythme cardiaque   | Le système circulatoire             |
| Reins  | Le système excréteur                |
| Besoins en énergie, effort physique  |                                     |

## Résultats obtenus

| Classes                  | Groupe T               | Groupe E               |
|--------------------------|------------------------|------------------------|
|                          | Secondes et Cinquièmes | Secondes et Cinquièmes |
| <b>Résultats</b>         | <b>Pré-test</b>        | <b>Pré-test</b>        |
| [75-100]                 | 0,00%                  | 0,00%                  |
| [50-75[                  | 0,96%                  | 5,69%                  |
| [25-50[                  | 18,18%                 | 32,23%                 |
| [0-25[                   | 80,86%                 | 62,09%                 |
| Donc [50-100]            | 0,96%                  | <b>5,69%</b>           |
| Différence significative | 0,0001 (S)             |                        |

Tableau 0-37 : pourcentages des élèves qui ont dessiné les liens entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques en réponse à la question 4c du pré-test.

### Légende

|          |   |
|----------|---|
| Groupe T | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation                  |
| Groupe E | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation            |
| Pré-test | Résultats de la question fermée 4c du test effectué en octobre 2002 |

### RAPPEL DE LA QUESTION 4d – ANALYSE DES LIENS MOBILISÉS AVEC LE SYSTÈME NERVEUX:

Parmi la liste des mots suivants, regroupez ceux qui sont « en lien » avec le système respiratoire :

œsophage, nerfs, foie, reins, cerveau, langue, système nerveux, sang, dioxygène, rythme cardiaque, appétit, stress, excès de peur, rythme respiratoire, besoins en énergie, circulation sanguine, état affectif, nature des aliments, oxydation des nutriments, effort physique, rate, fonctionnement des cellules nerveuses, ventilation pulmonaire, consommation d'oxygène au niveau des muscles, pharynx, moelle épinière, fonctionnement des cellules intestinales,

## REPONSES ATTENDUES

| Liste des mots attendus (30 mots)  | Système physiologique correspondant |
|--|-------------------------------------|
| Œsophage, foie, langue, appétit, nature des aliments, pharynx, fonctionnement des cellules intestinales, pancréas, glandes salivaires          | Le système digestif                 |
| Nerfs, cerveau, système nerveux, stress, excès de peur, état affectif, fonctionnement des cellules nerveuses, moelle épinière, organes de sens | Le système nerveux                  |
| Dioxygène, rythme respiratoire, oxydation des nutriments, ventilation pulmonaire, consommation d'oxygène au niveau des muscles                 | Le système respiratoire             |
| Sang, circulation sanguine, rate, rythme cardiaque   | Le système circulatoire             |
| Reins  | Le système excréteur                |
| Besoins en énergie, effort physique  |                                     |

## Résultats obtenus

| Classes                  | Groupe T<br>Secondes et Cinquièmes | Groupe E<br>Secondes et Cinquièmes |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Résultats</b>         | <b>Pré-test</b>                    | <b>Pré-test</b>                    |
| [75-100]                 | 0,00%                              | 0,00%                              |
| [50-75[                  | 0,00%                              | 0,00%                              |
| [25-50[                  | 33,49%                             | 48,82%                             |
| [0-25[                   | 66,51%                             | 51,18%                             |
| Donc [50-100]            | 0,00%                              | 0,00%                              |
| Différence significative | PV = 0,0014 (S)                    |                                    |

Tableau 0-38 : pourcentages des élèves qui ont dessiné les liens entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques en réponse à la question 4d du pré-test.

### Légende

|          |   |
|----------|---|
| Groupe T | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation                  |
| Groupe E | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation            |
| Pré-test | Résultats de la question fermée 4d du test effectué en octobre 2002 |

### RAPPEL DE LA QUESTION 4e – ANALYSE DES LIENS MOBILISÉS AVEC LE SYSTÈME EXCRETEUR:

Parmi la liste des mots suivants, regroupez ceux qui sont « en lien » avec le système respiratoire :

œsophage, nerfs, foie, reins, cerveau, langue, système nerveux, sang, dioxygène, rythme cardiaque, appétit, stress, excès de peur, rythme respiratoire, besoins en énergie, circulation sanguine, état affectif, nature des aliments, oxydation des nutriments, effort physique, rate, fonctionnement des cellules nerveuses, ventilation pulmonaire, consommation d'oxygène au niveau des muscles, pharynx, moelle épinière, fonctionnement des cellules intestinales.

### REponses ATTENDUES

| Liste des mots attendus (30 mots)  | Système physiologique correspondant |
|--|-------------------------------------|
| Œsophage, foie, langue, appétit, nature des aliments, pharynx, fonctionnement des cellules intestinales, pancréas, glandes salivaires          | Le système digestif                 |
| Nerfs, cerveau, système nerveux, stress, excès de peur, état affectif, fonctionnement des cellules nerveuses, moelle épinière, organes de sens | Le système nerveux                  |
| Dioxygène, rythme respiratoire, oxydation des nutriments, ventilation pulmonaire, consommation d'oxygène au niveau des muscles                 | Le système respiratoire             |
| Sang, circulation sanguine, rate, rythme cardiaque   | Le système circulatoire             |
| Reins  | Le système excréteur                |
| Besoins en énergie, effort physique  |                                     |

## Résultats obtenus

| Classes                  | Groupe T<br>Secondes et Cinquièmes | Groupe E<br>Secondes et Cinquièmes |
|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| <b>Résultats</b>         | <b>Pré-test</b>                    | <b>Pré-test</b>                    |
| [75-100]                 | 0,00%                              | 0,00%                              |
| [50-75[                  | 0,00%                              | 0,00%                              |
| [25-50[                  | 1,91%                              | 4,74%                              |
| [0-25[                   | 98,09%                             | 95,26%                             |
| Donc [50-100]            | 0,00%                              | 0,00%                              |
| Différence significative | PV = 0,1068 (NS)                   |                                    |

Tableau 0-39 : pourcentages des élèves qui ont dessiné les liens entre le système excréteur et les autres systèmes physiologiques en réponse à la question 4e du pré-test.

### Légende

|          |   |
|----------|---|
| Groupe T | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation                  |
| Groupe E | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation            |
| Pré-test | Résultats de la question fermée 4e du test effectué en octobre 2002 |

Les résultats obtenus aux questions fermées permettent de déduire que la situation n'est pas meilleure. Les élèves mobilisent peu de liens entre les systèmes physiologiques analysés. Cependant ce qui est de nouveau saillant dans ces résultats, c'est que les élèves de l'échantillon « E » réussissent mieux ces lieux que les élèves de l'échantillon « T ».

## **COMPARAISON ENTRE LES POURCENTAGES DES « MOTS ATTENDUS » ET « MOTS NON-ATTENDUS » MENTIONNES PAR LES ELEVES DES DEUX GROUPES « T » ET « E » AU PRE-TEST.**

Dans cette partie sont présentés les **moyennes**<sup>113</sup> des « mots attendus » et des « mots non-attendus » aux questions posées dans le pré-test. Les résultats des élèves de Seconde et de Cinquième ont été regroupés. Les résultats obtenus aux trois situations-problèmes d'une part et ceux obtenus aux questions fermées d'autre part, ont été regroupés afin d'avoir une vue d'ensemble des résultats.

En ce qui concerne les situations-problèmes du pré-test, le nombre total de mots attendus est de: 17 mots pour la situation 1, 14 mots pour la situation 2 et 7 mots pour la situation 3. Ceci revient à dire que le nombre total de mots attendus pour les trois situations-problèmes est de **38 mots attendus**.

<sup>113</sup> La moyenne a été calculée de la manière suivante : nombre total de mots attendus obtenus / nombre total de mots attendus X nombre d'élèves de l'échantillon.

En ce qui concerne les questions fermées du pré-test, le nombre total de mots attendus est de : 28 mots pour le système digestif (question 4a), 20 mots pour le système respiratoire (question 4b), 22 mots pour le système circulatoire (question 4c), 30 mots pour le système nerveux (question 4d) et 30 mots pour le système excréteur (question 4e). Soit un total de **130 mots attendus** à l'ensemble des questions fermées du pré-test.

Les mots non attendus sont les mots proposés par les élèves et qui ne devraient pas figurer dans leurs réponses vu l'absence de liens, selon les paradigmes scientifiques actuels, entre ces mots et le concept analysé. Autrement dit, il s'agit des liens « faux », donc de ce que nous qualifions d'erreur. Nous citons à titre d'exemple les élèves qui évoquent un lien entre l'eau ingérée et les poumons, dans la respiration.

### ***Résultats obtenus***

| Echantillon             | Mots attendus |       | Mots non-attendus |      |
|-------------------------|---------------|-------|-------------------|------|
|                         | T             | E     | T                 | E    |
| <i>situations 1+2+3</i> | 8.96          | 11.75 | 0.26              | 0.27 |

Tableau 0-40 : moyennes des « mots attendus » et « non attendus » obtenues au pré-test au niveau des situations-problèmes et des questions fermées.

- Les élèves du groupe « E » mentionnent davantage des « mots-attendus » concernant les liens mobilisés entre les systèmes physiologiques analysés, par rapport aux élèves du groupe « T ».
- Les élèves du groupe « E » mentionnent autant de « mots non-attendus » concernant ces liens que les élèves du groupe « T ». Autrement dit, avant toute intervention de formation de notre part, les élèves des deux groupes font des erreurs, à égalité.

### **Synthèse :**

- Avant toute formation, les élèves du groupe « E » mobilisent davantage des liens entre les systèmes physiologiques analysés que les élèves du groupe « T », avec des différences statistiquement significatives. Cette différence n'est plus significative au niveau des liens mobilisés avec le système excréteur. Les élèves des deux groupes ne mobilisent pas de liens avec ce système qui, d'ailleurs, est marginalisé, voire absent à tous les niveaux de l'enseignement scolaire des Sciences de la vie et de la Terre. Est-ce que physiologiquement, peut-on se passer du système excréteur ? Pourquoi ce système n'est-il plus enseigné ?

- Avant toute formation, les élèves des deux groupes font le même nombre d'erreur mais le groupe « E » réussit mieux à mobiliser des liens. Quel rapport ces élèves et leurs enseignants entretiennent-ils au concept de l'erreur ?

- A la fin de cette partie, et afin d'analyser l'effet de la formation des enseignants, nous ne comparerons pas, dans le cadre de cette étude, les élèves de l'échantillon « E » à ceux de l'échantillon « T » (comparaison horizontale). Nous allons comparer les résultats des élèves au sein de chacun des échantillons avant et après la formation (comparaison verticale).

-Nous n'avons pas fait le choix d'inclure l'analyse détaillée des résultats obtenus au pré-test parce qu'ils sont redondants avec ceux obtenus en 2002, lors de l'analyse de l'état des lieux. Ceci revient à dire que la situation ne s'est pas améliorée et que ces résultats nous donnent les mêmes informations : les élèves de Seconde et de Cinquième réussissent très peu à mobiliser des liens entre les différents systèmes physiologiques.

## **Partie II : Comparaison entre les résultats du pré-test et du post-test pour chacun des deux groupes « t » et « e » afin d'évaluer les effets de la formation des enseignants**

### **Présentation des résultats**

Les résultats sont présentés sous forme de tableaux, de figures et d'histogrammes :

- Dans les tableaux « A », se trouvent **les pourcentages des élèves** qui parviennent à mobiliser 0% à 25% des liens attendus, 25% à 50%, 50% à 75% et enfin de 75% à 100% des liens attendus par système physiologique. Ce choix de catégorisation des résultats par tranche de 25% est lié au fait que nous évitons une analyse réductrice du genre 0% et 100% juste. A ce niveau là, l'affichage des informations se fait par niveau de classes : Cinquième d'une part et Seconde d'autre part pour chacun des groupes témoins « T » et expérimentaux « E ». Dans chacun des groupes, une comparaison est faite entre les résultats du « pré-test » et du « post-test ». Nous calculons à chaque fois, par un traitement statistique, les différences significatives (DS).

- Dans les tableaux « B », se trouvent les moyennes des éléments attendus et des éléments non attendus proposés, par question, par les élèves de Seconde et de Cinquième, pour chacun des groupes « T » et « E ». Dans chacun des groupes, une comparaison est faite entre les résultats du « pré-test » et du « post-test ». Nous calculons à chaque fois, par un traitement statistique, les différences significatives (DS).

- Les histogrammes : Dans le dépouillement des différents questionnaires, des objectifs précis ont été fixés pour la catégorisation des réponses (ex : toutes les réponses qui évoquent une tuyauterie continue, toutes les réponses qui montrent la mobilisation du lien digestion-circulation sanguine etc). Les histogrammes représentent le bilan des résultats obtenus à tous les objectifs fixés par question. Seuls les résultats

statistiquement significatifs y sont représentés pour les réponses qui mobilisent au moins 50% des liens attendus. Une comparaison est faite entre les résultats du « pré-test » et du « post-test ».

### **Analyse de l'effet de la formation des enseignants sur l'évolution des conceptions des élèves concernant les situations-problèmes:**

L'objectif de cette partie est de comparer la capacité des élèves à mobiliser des liens, entre deux moments : avant la formation des enseignants (pré-test) et après leur formation (post-test). L'analyse de l'effet de la formation sur l'évolution des conceptions des élèves sera d'abord faite au niveau de leur compétence à résoudre des situations-problèmes. A partir du regroupement des réponses obtenues en catégories, suite au dépouillement des questionnaires, plusieurs objectifs d'analyse par situation ont été fixés.

## **Évolution des conceptions des élèves concernant les liens mobilisés pour résoudre des problèmes**

Dans cette partie seront comparés, dans le cadre de résolution de problèmes, les résultats obtenus au post-test par rapport à ceux obtenus au niveau du pré-test pour chacun des échantillons «E» et «T» respectivement.

### **Evolution des conceptions des élèves concernant les liens mobilisés entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques**

*Rappel de la situation problème 1: Eric a bu un litre d'eau ; peu de temps après, il sent le besoin d'uriner. Faites un schéma annoté indiquant tous les lieux par où transite le liquide ingéré, depuis le moment où il a bu jusqu'au moment où il urine.*

**OBJECTIF 1 DE LA SITUATION PROBLEME 1:  
ANALYSE DES LIENS MOBILISES ENTRE LE SYSTEME DIGESTIF, LE SYSTEME CIRCULATOIRE ET LE SYSTEME EXCRÉTEUR.**

Réponse attendue (Rappel)

*L'élève doit dessiner l'ensemble des éléments marqués ci-dessous :*

*17 éléments attendus : Bouche – Pharynx- Œsophage – Estomac- Intestin grêle -Gros intestin- Rectum-Anus-Plasma-Sang-Cellule-Organe-Rein-Urètre-Vessie-Urètre-Urine.*

***Les résultats seront présentés sous 2 formes :***

- 1. Pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens entre le système respiratoire et le système circulatoire, par marge de 25%.***
- 2. Moyenne des éléments attendus et non attendus représentés par les élèves.***



## Résultats obtenus

### Comparaison pré-post à la situation problème 1

| Classe        | Groupe T    |           |             |           | Groupe E     |               |              |               |
|---------------|-------------|-----------|-------------|-----------|--------------|---------------|--------------|---------------|
|               | Seconde     |           | Cinquième   |           | Seconde      |               | Cinquième    |               |
| Résultats     | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test     | Post-test     | Pré-test     | Post-test     |
| [75-100]      | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%        | 0.00%         | 0.00%        | 2.83%         |
| [50-75[       | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%       | 0.93%     | 8.57%        | 22.86%        | 3.77%        | 22.64%        |
| [25-50[       | 58.42%      | 45.54%    | 67.59%      | 60.19%    | 56.19%       | 60.95%        | 76.42%       | 59.43%        |
| [0-25[        | 41.58%      | 54.46%    | 32.41%      | 38.89%    | 35.24%       | 16.19%        | 19.81%       | 15.09%        |
| Donc [50-100] | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%       | 0.93%     | <b>8.57%</b> | <b>22.86%</b> | <b>3.77%</b> | <b>25.47%</b> |
| DS            | 0,0671 (NS) |           | 0,3499 (NS) |           | 0,0007 (S)   |               | 0,0002 (S)   |               |

Tableau 0-41 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur.

#### Légende

|                    |  |
|--------------------|--|
| Groupe T           | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation   |
| Groupe E           | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation                                   |
| Pré-test           | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002                               |
| Post-test          | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003                                   |
| <b>Pourcentage</b> | Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants |

**Des éléments « non attendus » ou erreurs ont figuré dans cette situation (exemple : les poumons). Ils ont été pris en considération pour quantifier les erreurs faites par les élèves. Ces éléments seront appelés → Eléments non attendus.**

### Comparaison pré-post à la situation problème 1

| Eléments  | Groupe T    |              |             |              | Groupe E    |              |             |              |
|-----------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
|           | Seconde     |              | Cinquième   |              | Seconde     |              | Cinquième   |              |
|           | attendus    | non attendus |
| Pré-test  | 4.11        | 0.17         | 4.93        | 1.92         | <b>5.03</b> | 0.09         | <b>5.75</b> | 0.36         |
| Post-test | 3.91        | 0.21         | 4.33        | 2.28         | <b>6.38</b> | 0.13         | <b>6.58</b> | 0.26         |
| DS        | 0,5473 (NS) | 0,5435 (NS)  | 0,0403 (NS) | 0,2168 5(NS) | 0,0003 (S)  | 0,3827 (NS)  | 0,0181 (S)  | 0,3415 (NS)  |

Tableau 0-42 : moyennes des éléments attendus et non attendus dessinés par les élèves, concernant le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur.

#### Légende

|                |  |
|----------------|--|
| Groupe T       | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation   |
| Groupe E       | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation                                   |
| Pré-test       | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002                               |
| Post-test      | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003                                   |
| <b>Moyenne</b> | Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants |

## OBJECTIF 2 DE LA SITUATION PROBLEME 1:

ANALYSE DES REPONSES EVOQUANT LA CONCEPTION « ESTOMAC-SAC » → TOUT TRAJET S'ARRÉTANT A L'ESTOMAC

Réponse attendue (Rappel)

L'élève a dessiné les éléments marqués ci-dessous :

*La bouche et/ou le pharynx et/ou l'œsophage et obligatoirement l'estomac.*

## Résultats obtenus

| Classe    | Groupe T    |           |             |           | Groupe E    |           |              |           |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|--------------|-----------|
|           | Seconde     |           | Cinquième   |           | Seconde     |           | Cinquième    |           |
| Résultats | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test     | Post-test |
|           | 0.99%       | 1.98%     | 0.00%       | 1.85%     | 0.95%       | 0.00%     | 0.00%        | 0.00%     |
| DS        | 0,5608 (NS) |           | 0,1554 (NS) |           | 0,3162 (NS) |           | non faisable |           |

Tableau 0-43 : pourcentages des élèves qui ont arrêté le trajet du dessin au niveau de l'estomac

### Légende

|           |  |
|-----------|--|
| Groupe T  | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation           |
| Groupe E  | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation     |
| Pré-test  | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002 |
| Post-test | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003     |

## OBJECTIF 3 DE LA SITUATION PROBLEME 1: ANALYSE DES REPONSES EVOQUANT LA CONCEPTION « TUYAUTERIE DIGESTIVE CONTINUE AVEC PASSAGE DANS LE SANG »

### Réponse attendue (Rappel)

Dans le dessin de l'élève ont figuré le plasma et/ou le sang.

## Résultats obtenus

| Classe    | Groupe T |           |             |           | Groupe E   |           |             |           |
|-----------|----------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|-------------|-----------|
|           | Seconde  |           | Cinquième   |           | Seconde    |           | Cinquième   |           |
| Résultats | Pré-test | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test   | Post-test | Pré-test    | Post-test |
|           | 2.97%    | 2.97%     | 4.63%       | 0.93%     | 13.33%     | 46.67%    | 27.36%      | 37.74%    |
| DS        | 1 (NS)   |           | 0,0977 (NS) |           | 0,0001 (S) |           | 0,1069 (NS) |           |

Tableau 0-44 : pourcentages des élèves qui ont représenté le plasma et/ou le sang dans leur dessin.

### Légende

|             |  |
|-------------|--|
| Groupe T    | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation   |
| Groupe E    | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation                                   |
| Pré-test    | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002                               |
| Post-test   | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003                                   |
| Pourcentage | Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants |

## OBJECTIF 4 DE LA SITUATION PROBLEME 1: ANALYSE DES REPONSES OBTENUES EVOQUANT LA CONCEPTION « TUYAUTERIE CONTINUE AVEC MENTION DE LA CELLULE »

### Réponse attendue

La cellule a figuré dans le dessin de l'élève.

## Résultats obtenus

| Classe    | Groupe T   |           |              |           | Groupe E   |           |            |           |
|-----------|------------|-----------|--------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
|           | Seconde    |           | Cinquième    |           | Seconde    |           | Cinquième  |           |
| Résultats | Pré-test   | Post-test | Pré-test     | Post-test | Pré-test   | Post-test | Pré-test   | Post-test |
|           | 0.00%      | 0.99%     | 0.00%        | 0.00%     | 0.00%      | 20.95%    | 2.83%      | 23.58%    |
| DS        | 0,3161(NS) |           | non faisable |           | 0,0001 (S) |           | 0,0001 (S) |           |

Tableau 0-45 : pourcentages des élèves qui ont représenté la cellule dans leur dessin.

### Légende

|             |  |
|-------------|--|
| Groupe T    | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation   |
| Groupe E    | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation                                   |
| Pré-test    | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002                               |
| Post-test   | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003                                   |
| Pourcentage | Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants |

## OBJECTIF 5 DE LA SITUATION PROBLEME 1: ANALYSE DES LIENS BIZARRES MOBILISES PAR LES ELEVES

### Réponse attendue

Dans le dessin de l'élève ont figurés des liens bizarres (ex: trachée à la place d'œsophage ou eau dans les poumons etc.)

## Résultats obtenus

| Classe    | Groupe T    |           |             |           | Groupe E  |           |            |           |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
|           | Seconde     |           | Cinquième   |           | Seconde   |           | Cinquième  |           |
| Résultats | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test  | Post-test | Pré-test   | Post-test |
|           | 8.91%       | 5.94%     | 5.56%       | 7.41%     | 5.71%     | 13.33%    | 2.83%      | 9.43%     |
| DS        | 0,4208 (NS) |           | 0,5804 (NS) |           | 0,06 (NS) |           | 0,0451 (S) |           |

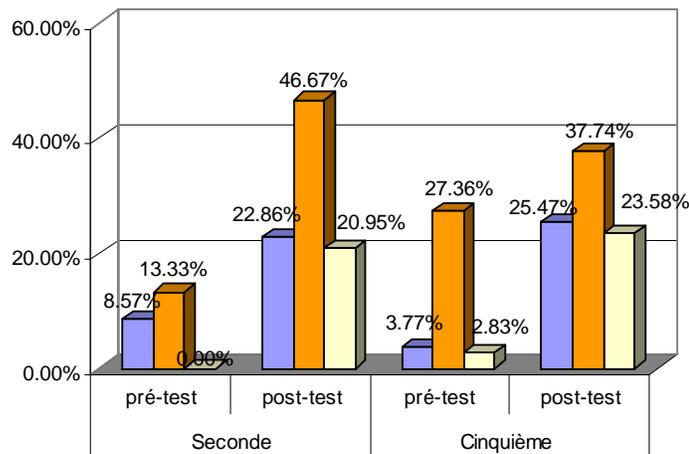
Tableau 0-46 : pourcentages des élèves qui ont représenté des éléments qui n'ont aucun lien avec la situation proposée

### Légende

|             |  |
|-------------|--|
| Groupe T    | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation   |
| Groupe E    | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation                                   |
| Pré-test    | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002                               |
| Post-test   | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003                                   |
| Pourcentage | Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants |

Bilan des résultats significatifs de la situation problème 1 : liens mobilisés avec le système digestif

L'histogramme suivant présente uniquement les pourcentages des élèves dont les conceptions ont évolué de façon significative suite à la formation des enseignants. Ceci nous donne une vue synthétique sur les domaines qui ont été touchés par cette évolution.



Histogramme 0-15 : pourcentages des élèves de l'échantillon « E » dont les résultats présentent au moins une différence significative au niveau des réponses obtenues à la situation 1 : Liens avec le système digestif.

|  |  |
|--|--|
|  | Pourcentage des élèves qui ont établi entre 50% et 100% des liens entre le système digestif, le système excréteur et le système circulatoire |
|  | Pourcentage des élèves qui ont marqué le sang dans leur dessin   |
|  | Pourcentage des élèves qui ont marqué la cellule dans leur dessin  |

### **Synthèse de la situation problème 1 : Effet de la formation des enseignants sur l'évolution des liens mobilisés par les élèves entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur.**

- Les conceptions concernant la compétence à résoudre des problèmes en mobilisant des liens entre les systèmes physiologiques analysés a évolué de façon statistiquement significative, chez les élèves dont les enseignants ont participé à la session de formation (les élèves de l'échantillon « E ») : ces élèves mobilisent davantage de liens entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur (Objectif 1 de la situation 1, tableau 4-41). Ces élèves évoquent davantage l'absorption des nutriments au niveau du sang, même quand l'obstacle de la tuyauterie digestive continue persiste (Objectif 3 de la situation 1, tableau 4-44) et mentionnent les échanges cellulaires (Objectif 4 de la situation 1, tableau 4-45). Par contre, ces évolutions ne sont pas significatives chez les élèves de l'échantillon « T ».

- Un résultat intéressant est à noter (même si les différences ne sont pas significatives sur le plan statistique), en ce qui concerne les élèves de Cinquième : les pourcentages des élèves de Cinquième qui mobilisent des liens entre le système digestif et le système circulatoire diminuent après le cours donné en classe, chez les élèves de l'échantillon « T » : 4.63% au pré-test versus 0.93% au post-test (Objectif 3 de la situation 1). Pourquoi après un cours de biologie qui est censé construire des liens, les élèves relient-ils moins ces deux systèmes physiologiques ? Et même chez les élèves de l'échantillon « E », l'évolution en Cinquième n'est pas significative, pourtant ces liens font partie intégrante du curriculum scolaire.

- Les pourcentages des élèves qui mobilisent des liens bizarres ont augmenté et parfois de façon significative (Cinquième de l'échantillon « E », tableau 4-46) chez ceux dont les enseignants ont participé à la session de formation. Ces mêmes élèves qui ont donné plus de réponses attendues « réponses justes », font plus de liens bizarres et donc plus « d'erreurs ».

### **Evolution des conceptions des élèves concernant les liens mobilisés entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques**

*Rappel de la situation problème 2 : Nathalie court en pleine nature, son rythme respiratoire et sa fréquence cardiaque augmentent. Faites un schéma annoté montrant le trajet complet de l'oxygène de l'air, dans tous les lieux où passe l'oxygène dans son corps, entre le moment où Nathalie inspire de l'air jusqu'au moment où elle l'expire.*

#### **OBJECTIF 1 DE LA SITUATION PROBLEME 2:**

**ANALYSE DES LIENS MOBILISES ENTRE LE SYSTEME RESPIRATOIRE ET LE SYSTEME CIRCULATOIRE.**

Réponse attendue (Rappel)

*L'élève doit dessiner l'ensemble des éléments marqués ci-dessous :*

**14 éléments attendus : Nez- Bouche- Pharynx - Larynx- Trachée artère –Bronchioles – Poumons –Capillaires sanguins –Capillaires artériels- Sang - Coeur- Cellule - Muscle- Air.**

*Les résultats seront présentés sous 2 formes :*

- 3. Pourcentages (par marge de 25%) des élèves qui ont mobilisé des liens entre le système respiratoire et le système circulatoire.*
- 4. Moyenne des éléments attendus et non attendus représentés par les élèves.*

## Résultats obtenus

### Comparaison pré-post à la situation-problème 2

| Classe        | Groupe T    |           |             |           | Groupe E    |           |             |           |
|---------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|               | Seconde     |           | Cinquième   |           | Seconde     |           | Cinquième   |           |
| Résultats     | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test |
| [75-100]      | 0.00%       | 0.99%     | 0.93%       | 0.00%     | 5.71%       | 5.71%     | 2.83%       | 6.60%     |
| [50-75[       | 2.97%       | 3.96%     | 12.04%      | 6.48%     | 25.71%      | 32.38%    | 25.47%      | 39.62%    |
| [25-50[       | 41.58%      | 38.61%    | 37.04%      | 40.74%    | 37.14%      | 37.14%    | 50.00%      | 35.85%    |
| [0-25[        | 55.45%      | 56.44%    | 50.00%      | 52.78%    | 31.43%      | 24.76%    | 21.70%      | 17.92%    |
| Donc [50-100] | 2.97%       | 4.95%     | 12.96%      | 6.48%     | 31.43%      | 38.10%    | 28.30%      | 46.23%    |
| DS            | 0,7380 (NS) |           | 0,3807 (NS) |           | 0,6518 (NS) |           | 0,0523 (NS) |           |

Tableau 0-47 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens entre le système respiratoire et le système circulatoire.

#### Légende

|           |  |
|-----------|--|
| Groupe T  | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation           |
| Groupe E  | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation     |
| Pré-test  | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002 |
| Post-test | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003     |

**Il est à noter que des éléments non attendus dans cette situation (exemple : liens mobilisés entre le système respiratoire, les reins et l'estomac) ont figuré dans les réponses des élèves. Ils ont été pris en considération pour quantifier les erreurs des élèves. Ces éléments seront appelés → éléments non attendus**

### Comparaison pré-post à la situation problème 2

| Eléments  | Groupe T    |              |             |              | Groupe E    |              |             |              |
|-----------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
|           | Seconde     |              | Cinquième   |              | Seconde     |              | Cinquième   |              |
|           | attendus    | non attendus |
| Pré-test  | 2.94        | 0.09         | 3.69        | 0.06         | 4.87        | 0.07         | 5.04        | 0.04         |
| Post-test | 3.26        | 0.06         | 3.20        | 0.08         | 5.24        | 0.13         | 5.64        | 0.11         |
| DS        | 0,3086 (NS) | 0,4233 (NS)  | 0,1037 (NS) | 0,4550 (NS)  | 0,3261 (NS) | 0,1084 (NS)  | 0,0744 (NS) | 0,0655 (NS)  |

Tableau 0-48 : moyennes des éléments attendus (total des éléments attendus = 14) et non attendus dessinés par les élèves, concernant le système respiratoire

#### Légende

|           |  |
|-----------|--|
| Groupe T  | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation           |
| Groupe E  | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation     |
| Pré-test  | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002 |
| Post-test | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003     |

## OBJECTIF 2 DE LA SITUATION PROBLEME 2:

ANALYSE DES REPNSES OBTENUES EVOQUANT LA CONCEPTION « POUMON-SAC » → TOUT TRAJET S'ARRÉTANT AUX POUMONS

Réponse attendue

*L'élève a dessiné un des éléments marqués ci-dessous :*

*La bouche, le pharynx, le larynx, la trachée artère, les bronchioles et/ou les poumons.*

### Résultats obtenus

| Classe    | Groupe T    |           |             |           | Groupe E    |           |            |           |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|
|           | Seconde     |           | Cinquième   |           | Seconde     |           | Cinquième  |           |
| Résultats | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test   | Post-test |
|           | 9.90%       | 13.86%    | 16.67%      | 17.59%    | 11.43%      | 8.57%     | 18.87%     | 6.60%     |
| DS        | 0,3844 (NS) |           | 0,8567 (NS) |           | 0,4902 (NS) |           | 0,0074 (S) |           |

Tableau 0-49 : pourcentages des élèves qui ont arrêté le trajet du dessin au niveau des poumons : conception « poumon-sac »

#### Légende

|             |  |
|-------------|--|
| Groupe T    | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation   |
| Groupe E    | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation                                   |
| Pré-test    | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002                               |
| Post-test   | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003                                   |
| Pourcentage | Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants |

## OBJECTIF 3 DE LA SITUATION PROBLEME 2: ANALYSE DES REPONSES OBTENUES EVOQUANT LA CONCEPTION « TUYAUTERIE CONTINUE AVEC PASSAGE DANS LE SANG »

Réponse attendue

*Dans le dessin de l'élève ont représenté les capillaires sanguins et/ou le sang.*

### Résultats obtenus

| Classe    | Groupe T    |           |             |           | Groupe E    |           |             |           |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|           | Seconde     |           | Cinquième   |           | Seconde     |           | Cinquième   |           |
| Résultats | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test |
|           | 19.80%      | 30.69%    | 32.41%      | 21.30%    | 55.24%      | 52.38%    | 36.79%      | 49.06%    |
| DS        | 0,0748 (NS) |           | 0,0654 (NS) |           | 0,6780 (NS) |           | 0,0713 (NS) |           |

Tableau 0-50: pourcentages des élèves qui ont représenté les capillaires sanguins et/ou le sang dans leur dessin

#### Légende

|           |  |
|-----------|--|
| Groupe T  | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation           |
| Groupe E  | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation     |
| Pré-test  | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002 |
| Post-test | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003     |

**OBJECTIF 4 DE LA SITUATION PROBLEME 2:**  
**ANALYSE DES REponses EVOQUANT LA CONCEPTION « TUYAUTERIE RESPIRATOIRE CONTINUE AVEC MENTION DE LA CELLULE »**

Réponse attendue

*La cellule a figuré dans le dessin de l'élève.*

**Résultats obtenus**

| Classe           | Groupe T        |                  |                 |                  | Groupe E        |                  |                 |                  |
|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
|                  | Seconde         |                  | Cinquième       |                  | Seconde         |                  | Cinquième       |                  |
| <b>Résultats</b> | <b>Pré-test</b> | <b>Post-test</b> | <b>Pré-test</b> | <b>Post-test</b> | <b>Pré-test</b> | <b>Post-test</b> | <b>Pré-test</b> | <b>Post-test</b> |
|                  | 0.99%           | 2.97%            | 0.00%           | 0.93%            | 4.76%           | 35.24%           | 0.94%           | 31.13%           |
| DS               | 0,3125 (NS)     |                  | 0,3162 (NS)     |                  | 0,0001 (S)      |                  | 0,0001 (S)      |                  |

Tableau 0-51: pourcentages des élèves qui ont représenté la cellule dans leur dessin

**Légende**

|                    |   |
|--------------------|---|
| <i>Groupe T</i>    | <i>Elèves dont les enseignants ont suivi la formation</i>   |
| <i>Groupe E</i>    | <i>Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation</i>                                   |
| <i>Pré-test</i>    | <i>Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002</i>                               |
| <i>Post-test</i>   | <i>Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003</i>                                   |
| <b>Pourcentage</b> | <i>Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants</i> |

## ANALYSE DES REPONSES EVOQUANT LA CELLULE ET LE SANG ENSEMBLE

Réponse attendue

*Dans le dessin de l'élève a ou ont figuré les capillaires sanguins et/ou le sang et/ou la cellule.*

### **Résultats obtenus**

| Classe    | Groupe T |           |              |           | Groupe E   |           |            |           |
|-----------|----------|-----------|--------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
|           | Seconde  |           | Cinquième    |           | Seconde    |           | Cinquième  |           |
| Résultats | Pré-test | Post-test | Pré-test     | Post-test | Pré-test   | Post-test | Pré-test   | Post-test |
|           | 0.99%    | 0.99%     | 0.00%        | 0.00%     | 4.76%      | 23.81%    | 0.94%      | 17.92%    |
| DS        | 1 (NS)   |           | non faisable |           | 0,0001 (S) |           | 0,0001 (S) |           |

Tableau 0-52 : pourcentages des élèves qui ont représenté les capillaires sanguins et/ou le sang et/ ou la cellule dans leurs dessins

#### Légende

|   |   |
|---|---|
| <i>Groupe T</i>   | <i>Elèves dont les enseignants ont suivi la formation</i>   |
| <i>Groupe E</i>   | <i>Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation</i>                                   |
| <i>Pré-test</i>   | <i>Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002</i>                               |
| <i>Post-test</i>  | <i>Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003</i>                                   |
| <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Pourcentage</span> | <i>Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants</i> |

## OBJECTIF 6 DE LA SITUATION PROBLEME 2: ANALYSE DES LIENS BIZARRES MOBILISES PAR LES ELEVES

Réponse attendue

*Dans le dessin de l'élève ont figurés des liens bizarres (ex: œsophage à la place de bronche ou eau dans les alvéoles etc.)*

### **Résultats obtenus**

| Classe    | Groupe T     |           |             |           | Groupe E    |           |             |           |
|-----------|--------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|           | Seconde      |           | Cinquième   |           | Seconde     |           | Cinquième   |           |
| Résultats | Pré-test     | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test |
|           | 0.00%        | 0.00%     | 2.78%       | 0.00%     | 1.90%       | 0.95%     | 0.94%       | 1.89%     |
| DS        | non faisable |           | 0,0811 (NS) |           | 0,5609 (NS) |           | 0,5609 (NS) |           |

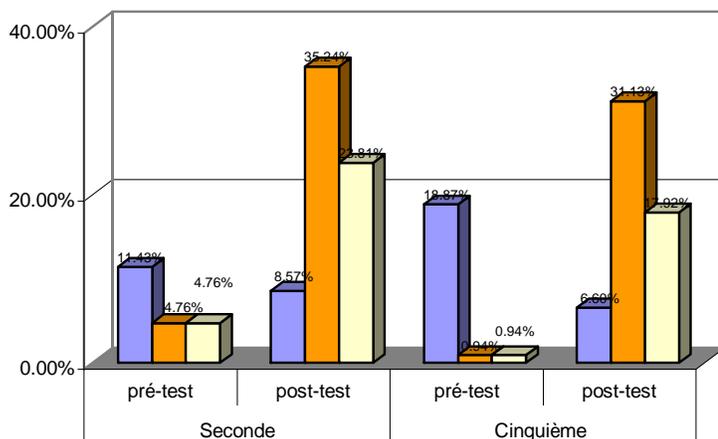
Tableau 0-53 : pourcentages des élèves qui ont établi des liens bizarres

#### Légende

|   |   |
|---|---|
| <i>Groupe T</i>   | <i>Elèves dont les enseignants ont suivi la formation</i>   |
| <i>Groupe E</i>   | <i>Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation</i>                                   |
| <i>Pré-test</i>   | <i>Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002</i>                               |
| <i>Post-test</i>  | <i>Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003</i>                                   |
| <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Pourcentage</span> | <i>Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants</i> |

## Bilan des résultats significatifs de la situation-problème 2 : liens mobilisés avec le système respiratoire

L'histogramme suivant présente uniquement les pourcentages des élèves dont les conceptions ont évolué de façon significative suite à la formation des enseignants. Ceci nous donne une vue synthétique sur les domaines qui ont été touchés par cette évolution au niveau des liens mobilisés avec le système respiratoire.



Histogramme 0-16: pourcentages des élèves de l'échantillon « E » dont les résultats présentent au moins une différence significative au niveau des réponses obtenues à la situation 1 : Liens avec le système respiratoire

|  |  |
|--|--|
|  | Pourcentage des élèves qui ont arrêté le trajet au niveau des poumons        |
|  | Pourcentage des élèves qui ont marqué la cellule dans leur dessin            |
|  | Pourcentage des élèves qui ont marqué la cellule ou le sang dans leur dessin |

### Synthèse de la situation 2 : Effet de la formation des enseignants sur l'évolution des liens mobilisés par les élèves entre le système respiratoire et le système circulatoire.

- Les conceptions concernant la compétence à résoudre des problèmes en mobilisant des liens entre les systèmes physiologiques analysés ont évolué, de façon statistiquement significative, chez les élèves dont les enseignants ont participé à la session de formation (les élèves de l'échantillon « E ») : ces élèves évoquent davantage les échanges cellulaires, même quand ils fonctionnent selon le modèle de la tuyauterie respiratoire continue (Objectif 4 de la situation 2, tableau 4-51) et relient le système respiratoire au système circulatoire et à la cellule (Objectif 5 de la situation 2, tableau 4-52).

- Les élèves de l'échantillon « E » ont mieux dépassé l'obstacle « poumons-sacs ». Ces élèves n'arrêtent plus leurs schémas au niveau des poumons, quand ils représentent le trajet du dioxygène de l'air inspiré. (Objectif 2 de la situation 2, tableau 4-49).

- Des liens inattendus se retrouvent, avec un pourcentage élevé, chez les élèves de l'échantillon « E » : « le droit à l'erreur » a été remarqué dans cette situation aussi. Parmi ces liens bizarres, des liens mobilisés par les élèves entre le système digestif et le système respiratoire (œsophage à la place de pharynx ou l'air qui passe dans l'estomac etc.) ont été identifiés.

### **Evolution des conceptions des élèves concernant les liens mobilisés entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques**

**Rappel de la situation problème 3: Gabriel regarde un film d'horreur à la télévision. Son rythme respiratoire et son rythme circulatoire augmentent. Faites un schéma annoté montrant par quels mécanismes ses rythmes augmentent-ils. Indiquez tous les organes impliqués.**

#### **OBJECTIF 1 DE LA SITUATION PROBLEME 3: ANALYSE DES LIENS MOBILISES ENTRE LE SYSTEME NERVEUX ET LES SYSTEMES : DIGESTIF, CIRCULATOIRE ET RESPIRATOIRE**

Réponse attendue (Rappel)

*L'élève doit dessiner l'ensemble des éléments marqués ci-dessous :*

*7 éléments attendus : Eléments du système nerveux - Coeur- fréquence cardiaque- Poumons- Glandes- Fréquence pulmonaire – Glucose.*

**Les résultats seront présentés sous 2 formes :**

- 1. Pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens par marge de 25%, entre le système nerveux et les systèmes : digestif, circulatoire, respiratoire, et excréteur.**
- 2. Moyenne des éléments attendus et non attendus représentés par les élèves.**

#### **Résultats obtenus**

##### *Comparaison pré-post à la situation problème 3*

| Classe        | Groupe T    |           |             |           | Groupe E    |           |             |           |
|---------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|               | Seconde     |           | Cinquième   |           | Seconde     |           | Cinquième   |           |
| Résultats     | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test |
| [75-100]      | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%       | 0.00%     | 13.33%      | 14.29%    | 0.00%       | 0.94%     |
| [50-75[       | 14.85%      | 8.91%     | 8.33%       | 3.70%     | 15.24%      | 18.10%    | 2.83%       | 4.72%     |
| [25-50[       | 21.78%      | 27.72%    | 25.00%      | 30.56%    | 23.81%      | 28.57%    | 24.53%      | 33.02%    |
| [0-25[        | 63.37%      | 63.37%    | 66.67%      | 65.74%    | 47.62%      | 39.05%    | 72.64%      | 61.32%    |
| Donc [50-100] | 14.85%      | 8.91%     | 8.33%       | 3.70%     | 28.57%      | 32.38%    | 2.83%       | 5.66%     |
| DS            | 0,3296 (NS) |           | 0,2822 (NS) |           | 0,6512 (NS) |           | 0,2790 (NS) |           |

Tableau 0-54: pourcentages des élèves qui ont mobilisé les liens entre le système nerveux et les systèmes : digestif, circulatoire et respiratoire.

#### **Légende**

Groupe T Elèves dont les enseignants ont suivi la formation

Groupe E Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation  
 Pré-test Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002  
 Post-test Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003

Il est à noter que les éléments non attendus dans cette situation (exemple : rôle de l'estomac dans la sensation de peur) ont figuré dans les réponses des élèves. Ils ont été pris en considération pour quantifier les erreurs des élèves. Ces éléments seront appelés → éléments non attendus

### Comparaison pré-post à la situation problème 3

| Eléments  | Groupe T    |              |             |              | Groupe E   |              |            |              |
|-----------|-------------|--------------|-------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
|           | Seconde     |              | Cinquième   |              | Seconde    |              | Cinquième  |              |
|           | attendus    | non attendus | attendus    | non attendus | attendus   | non attendus | attendus   | non attendus |
| Pré-test  | 1.21        | 0.00         | 1.00        | 0.00         | 2.10       | 0.00         | 0.73       | 0.00         |
| Post-test | 1.15        | 0.00         | 1.08        | 0.00         | 2.65       | 0.00         | 1.29       | 0.00         |
| DS        | 0,7867 (NS) |              | 0,6490 (NS) |              | 0,057 (NS) |              | 0,0017 (S) |              |

Tableau 0-55 : moyennes des éléments attendus et non attendus dessinés par les élèves, reliant le système nerveux au système circulatoire, au système respiratoire et au système digestif

#### Légende

Groupe T Elèves dont les enseignants ont suivi la formation  
 Groupe E Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation  
 Pré-test Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002  
 Post-test Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003  
 Moyenne Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants

## OBJECTIF 2 DE LA SITUATION PROBLEME 3: ANALYSE DES LIENS MOBILISES AVEC LE SYSTEME NERVEUX

### Réponse attendue

L'élève a représenté, dans ses dessins, des éléments du système nerveux (nerfs, cerveau etc).

### Résultats obtenus

| Classe    | Groupe T    |           |            |           | Groupe E    |           |            |           |
|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|
|           | Seconde     |           | Cinquième  |           | Seconde     |           | Cinquième  |           |
| Résultats | Pré-test    | Post-test | Pré-test   | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test   | Post-test |
|           | 22.77%      | 34.65%    | 12.04%     | 26.85%    | 39.05%      | 49.52%    | 12.26%     | 33.02%    |
| DS        | 0,0620 (NS) |           | 0,0059 (S) |           | 0,1265 (NS) |           | 0,0003 (S) |           |

Tableau 0-56 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens avec le système nerveux

#### Légende

Groupe T Elèves dont les enseignants ont suivi la formation  
 Groupe E Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation  
 Pré-test Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002  
 Post-test Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003  
 Moyenne Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants

**OBJECTIF 3 DE LA SITUATION PROBLEME 3:**  
ANALYSE DES LIENS MOBILISES AVEC LE SYSTEME CIRCULATOIRE

Réponse attendue

*L'élève a représenté, dans ses dessins, des éléments du système circulatoire (cœur, fréquence cardiaque etc).*

**Résultats obtenus**

| Classe           | Groupe T        |                  |                 |                  | Groupe E        |                  |                 |                  |
|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
|                  | Seconde         |                  | Cinquième       |                  | Seconde         |                  | Cinquième       |                  |
| <b>Résultats</b> | <b>Pré-test</b> | <b>Post-test</b> | <b>Pré-test</b> | <b>Post-test</b> | <b>Pré-test</b> | <b>Post-test</b> | <b>Pré-test</b> | <b>Post-test</b> |
|                  | 41.58%          | 35.64%           | 34.26%          | 41.67%           | 52.38%          | 78.10%           | 28.30%          | 40.57%           |
| DS               | 0,3859 (NS)     |                  | 0,2620 (NS)     |                  | 0,0001 (S)      |                  | 0,0602 (NS)     |                  |

Tableau 0-57 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens avec le système circulatoire

**Légende**

|             |  |
|-------------|--|
| Groupe T    | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation   |
| Groupe E    | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation                                   |
| Pré-test    | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002                               |
| Post-test   | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003                                   |
| Pourcentage | Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants |

**OBJECTIF 4 DE LA SITUATION PROBLEME 3:**  
ANALYSE DES LIENS MOBILISES AVEC LE SYSTEME RESPIRATOIRE

Réponse attendue

*L'élève a représenté, dans ses dessins, des éléments du système respiratoire (poumons, fréquence pulmonaire etc).*

**Résultats obtenus**

| Classe           | Groupe T        |                  |                 |                  | Groupe E        |                  |                 |                  |
|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
|                  | Seconde         |                  | Cinquième       |                  | Seconde         |                  | Cinquième       |                  |
| <b>Résultats</b> | <b>Pré-test</b> | <b>Post-test</b> | <b>Pré-test</b> | <b>Post-test</b> | <b>Pré-test</b> | <b>Post-test</b> | <b>Pré-test</b> | <b>Post-test</b> |
|                  | 25.74%          | 25.74%           | 27.78%          | 25.00%           | 44.76%          | 61.90%           | 23.58%          | 42.45%           |
| DS               | 1(NS)           |                  | 0,6433 (NS)     |                  | 0,0128 (S)      |                  | 0,0035 (S)      |                  |

Tableau 0-58 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens avec le système respiratoire

**Légende**

|             |  |
|-------------|--|
| Groupe T    | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation   |
| Groupe E    | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation                                   |
| Pré-test    | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002                               |
| Post-test   | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003                                   |
| Pourcentage | Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants |



## OBJECTIF 5 DE LA SITUATION PROBLEME 3: ANALYSE DES LIENS MOBILISES AVEC LE SYSTEME DIGESTIF

Réponse attendue

*L'élève a représenté dans ses dessins des éléments du système digestif (métabolisme, glucose etc).*

### Résultats obtenus

| Classe    | Groupe T     |           |              |           | Groupe E     |           |              |           |
|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
|           | Seconde      |           | Cinquième    |           | Seconde      |           | Cinquième    |           |
| Résultats | Pré-test     | Post-test | Pré-test     | Post-test | Pré-test     | Post-test | Pré-test     | Post-test |
|           | 0.00%        | 0.00%     | 0.00%        | 0.00%     | 0.00%        | 0.00%     | 0.00%        | 0.00%     |
| DS        | non faisable |           | non faisable |           | non faisable |           | non faisable |           |

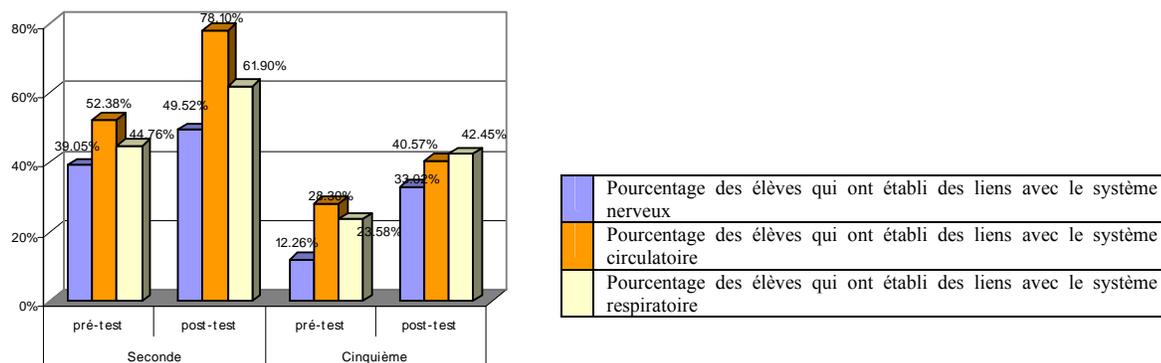
Tableau 0-59 : pourcentage des élèves qui ont mobilisé des liens avec le système digestif

#### Légende

|           |  |
|-----------|--|
| Groupe T  | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation           |
| Groupe E  | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation     |
| Pré-test  | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002 |
| Post-test | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003     |

### Bilan des résultats significatifs de la situation-problème 3 : liens mobilisés entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques

L'histogramme suivant présente uniquement les pourcentages des élèves dont les conceptions ont évolué de façon significative suite à la formation des enseignants. Ceci nous donne une vue synthétique sur les domaines qui ont été touchés par cette évolution au niveau des liens mobilisés avec le système respiratoire.



Histogramme 0-17: pourcentages des élèves de l'échantillon « E » dont les résultats présentent au moins une différence significative au niveau des réponses obtenues à la situation 3 : le système nerveux et les systèmes digestif, circulatoire et respiratoire.

### Synthèse de la situation 3 : Effet de la formation des enseignants sur l'évolution des liens mobilisés par les élèves entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques analysés.

- A l'opposé des deux autres situations-problèmes analysées, dans la situation-problème 3, les élèves de Cinquième des deux échantillons « E » et « T » mobilisent davantage de liens entre le sentiment de peur et le système nerveux, au niveau du post-test (Objectif 2 de la situation 3, tableau 4-56).
- Les conceptions concernant la compétence à résoudre des problèmes en mobilisant des liens entre les systèmes physiologiques analysés a évolué, de façon statistiquement significative, chez les élèves dont les enseignants ont participé à la session de formation (les élèves de l'échantillon « E ») : ces élèves évoquent davantage de liens entre le sentiment de peur et le système circulatoire surtout en Seconde (Objectif 3 de la situation 3, tableau 4-57) et entre la peur et le système respiratoire, aussi bien en Seconde qu'en Cinquième (Objectif 4 de la situation 3, tableau 4-58).
- Concernant les liens mobilisés avec le système digestif ou plutôt au niveau des métabolismes cellulaires, aucune amélioration n'est notée au niveau des deux échantillons « E » et « T ».
- Les élèves de Cinquième de l'échantillon « E » évoquent plus de mots attendus « réponses justes » que ceux de l'échantillon « T », en ce qui concerne les liens mobilisés entre tous les systèmes physiologiques analysés (Objectif 1 de la situation 3, tableau 4-55). Ceci montre que la complexité n'est pas mieux intégrée par les élèves de Seconde que par les élèves de Cinquième, du moins pour certaines situations.

## **ANALYSE DE L'EFFET DE LA FORMATION DES ENSEIGNANTS SUR L'EVOLUTION DES CONCEPTIONS DES ELEVES CONCERNANT LES QUESTIONS FERMEES:**

*L'objectif de cette partie est d'analyser l'effet de la formation des enseignants sur le développement de la compétence des élèves à mobiliser des liens entre plusieurs systèmes physiologiques, en traitant des questions fermées. Les cinq systèmes physiologiques (le système digestif, le système respiratoire, le système circulatoire, le système nerveux et le système excréteur) ont fait l'objet d'étude au niveau des questionnaires proposés avant (pré-test) et après (post-test) la session de formation des enseignants*

***Les résultats de cette partie sont présentés sous trois formes :***

- 1- Dans les tableaux « A », nous pouvons lire les pourcentages des élèves qui parviennent à mobiliser 0% à 25% des liens attendus, 25% à 50%, 50% à 75% et enfin de 75% à 100% des liens attendus. Ce choix de catégorisation des résultats par tranche de 25% est lié au fait que nous évitons une analyse réductrice du genre 0% et 100% juste. A ce niveau là, l'affichage des informations se fait par niveau de classes : Cinquième d'une part et Seconde d'autre part. La comparaison se faisant entre deux moments (avant et après la formation) pour chacun des deux échantillons « E » et « T ».
- 2- Dans les tableaux « B », nous pouvons lire les moyennes des « mots attendus » et « mots non-attendus ». L'affichage des informations se fait par niveau de classes : Cinquième d'une part et Seconde d'autre part, la comparaison est faite entre deux moments (avant et après la formation) pour chacun des deux échantillons « E » et « T ».
- 3- Dans les histogrammes, nous avons présenté uniquement les pourcentages des élèves qui parviennent à mobiliser 50% à 100% des liens attendus. Ce choix, pour les histogrammes, est lié au fait que nous considérons que la norme internationale de réussite correspond à une valeur supérieure ou égale à 50% des réponses attendues (valeur visualisée directement dans les histogrammes).

***Toutes les questions fermées (qui sont les mêmes que celles du pré-test) sont conçues selon le modèle ci-dessous :***

**RAPPEL** : Parmi la liste des mots suivants, regroupez ceux qui sont « en lien » avec le système digestif :

*Liste des mots :*

*œsophage, nerfs, foie, reins, cerveau, langue, système nerveux, sang, dioxygène, rythme cardiaque, appétit, stress, excès de peur, rythme respiratoire, besoins en énergie, circulation sanguine, état affectif, nature des aliments, oxydation des nutriments, effort physique, rate, fonctionnement des cellules nerveuses, ventilation pulmonaire, consommation d'oxygène au niveau des muscles, pharynx, moelle épinière, fonctionnement des cellules intestinales, pancréas, glandes salivaires, organes de sens.*

La même question, avec la même liste de mots, a été posée pour :

- Le système respiratoire
- Le système circulatoire
- Le système nerveux
- Le système excréteur.

*Pour les réponses attendues par question, voir l'analyse de pré-test (partie 4.3.1.1.2)*

### **ANALYSE DES LIENS MOBILISÉS ENTRE LE SYSTÈME DIGESTIF ET LES AUTRES SYSTÈMES PHYSIOLOGIQUES**

#### ***Résultats obtenus***

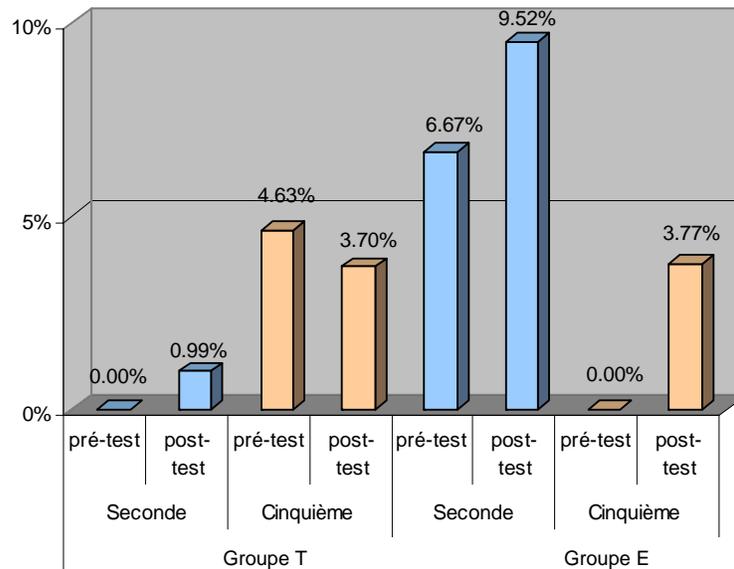
Comparaison pré-test / post-test entre le groupe « Témoin » et le groupe « Expérimental »

| Classe        | Groupe T    |           |             |           | Groupe E    |           |             |           |
|---------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
|               | Seconde     |           | Cinquième   |           | Seconde     |           | Cinquième   |           |
| Résultats     | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test |
| [75-100]      | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%       | 0.95%     | 0.00%       | 0.00%     |
| [50-75[       | 0.00%       | 0.99%     | 4.63%       | 3.70%     | 6.67%       | 8.57%     | 0.00%       | 3.77%     |
| [25-50[       | 63.37%      | 71.29%    | 67.59%      | 55.56%    | 69.52%      | 74.29%    | 83.96%      | 77.36%    |
| [0-25[        | 36.63%      | 27.72%    | 27.78%      | 40.74%    | 23.81%      | 16.19%    | 16.04%      | 18.87%    |
| Donc [50-100] | 0.00%       | 0.99%     | 4.63%       | 3.70%     | 6.67%       | 9.52%     | 0.00%       | 3.77%     |
| DS            | 0,2571 (NS) |           | 0,1333 (NS) |           | 0,4011 (NS) |           | 0,1038 (NS) |           |

Tableau 0-60: pourcentages des élèves qui ont mobilisé des liens, par marge de 25%, entre le système digestif et les systèmes physiologiques analysés.

**Légende**

|           |  |
|-----------|--|
| Groupe T  | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation           |
| Groupe E  | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation     |
| Pré-test  | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002 |
| Post-test | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003     |



Histogramme 0-18 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé au moins 50% des liens attendus entre le système digestif et les systèmes physiologiques analysés

Comparaison pré-test / post-test entre le groupe « Témoin » et le groupe « Expérimental »

| Eléments  | Groupe T    |              |             |              | Groupe E    |              |             |              |
|-----------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
|           | Seconde     |              | Cinquième   |              | Seconde     |              | Cinquième   |              |
|           | attendus    | non attendus |
| Pré-test  | 7.21        | 0.28         | 7.85        | 0.31         | 8.81        | 0.53         | 9.02        | 0.22         |
| Post-test | 7.77        | 0.41         | 7.06        | 0.16         | 9.71        | 0.48         | 8.99        | 0.42         |
| DS        | 0,1912 (NS) |              | 0,0794 (NS) |              | 0,0833 (NS) |              | 0,5211 (NS) |              |
|           |             |              | 0,0188 (S)  |              |             |              | 0,9422 (NS) |              |
|           |             |              |             |              |             |              | 0,0005 (S)  |              |

Tableau 0-61 : moyenne des mots attendus et non attendus mentionnés par les élèves, concernant les liens entre le système digestif et les systèmes physiologiques analysés.

Légende

|           |  |
|-----------|--|
| Groupe T  | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation   |
| Groupe E  | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation                                   |
| Pré-test  | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002                               |
| Post-test | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003                                   |
| Moyenne   | Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants |

Synthèse concernant les liens mobilisés par les élèves entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques quand ils répondent à des questions fermées:

- La comparaison des résultats concernant les liens mobilisés par les élèves entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques, suite à la formation des enseignants du groupe « E », ne montre pas de différences significatives. Cependant une meilleure mobilisation de liens est notée en Seconde et surtout en Cinquième (histogramme x) dans le groupe « E ».

- Au niveau des « mots non-attendus », les élèves de Cinquième du groupe « E », qui réussissent mieux à mobiliser des liens, font en même temps plus d'erreurs suite à la formation, et cela de façon significative (tableau 4-61). Tout se passe comme si ces élèves entretiennent un rapport à l'erreur moins culpabilisant.

**Analyse des liens mobilisés entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques**

***Résultats obtenus***

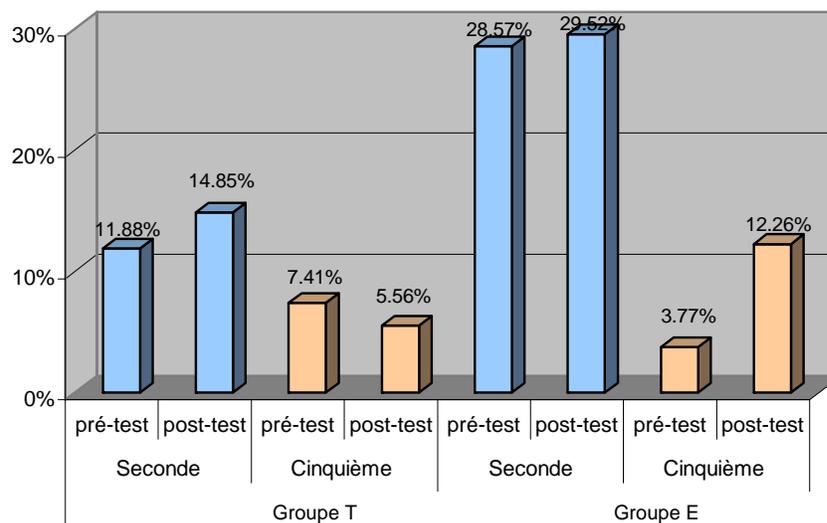
Comparaison pré-test et post-test entre le groupe « Témoin » et le groupe « Expérimental »

| Classe        | Groupe T   |           |             |           | Groupe E   |           |            |           |
|---------------|------------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
|               | Seconde    |           | Cinquième   |           | Seconde    |           | Cinquième  |           |
| Résultats     | Pré-test   | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test   | Post-test | Pré-test   | Post-test |
| [75-100]      | 0.00%      | 0.00%     | 0.93%       | 0.00%     | 0.95%      | 7.62%     | 0.00%      | 0.00%     |
| [50-75[       | 11.88%     | 14.85%    | 6.48%       | 5.56%     | 27.62%     | 21.90%    | 3.77%      | 12.26%    |
| [25-50[       | 39.60%     | 54.46%    | 57.41%      | 50.00%    | 40.00%     | 53.33%    | 73.58%     | 61.32%    |
| [0-25[        | 48.51%     | 30.69%    | 35.19%      | 44.44%    | 31.43%     | 17.14%    | 22.64%     | 26.42%    |
| Donc [50-100] | 11.88%     | 14.85%    | 7.41%       | 5.56%     | 28.57%     | 29.52%    | 3.77%      | 12.26%    |
| DS            | 0,0342 (S) |           | 0,4249 (NS) |           | 0,0057 (S) |           | 0,0438 (S) |           |

Tableau 0-62 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé par marge de 25% les mots attendus entre le système respiratoire et les systèmes physiologiques analysés

Légende

|             |  |
|-------------|--|
| Groupe T    | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation   |
| Groupe E    | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation                                   |
| Pré-test    | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002                               |
| Post-test   | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003                                   |
| Pourcentage | Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants |



Histogramme 0-19 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé au moins 50% des liens attendus entre le système respiratoire et les systèmes physiologiques analysés

Comparaison pré-test et post-test entre le groupe « Témoin » et le groupe « Expérimental »

| Eléments  | Groupe T    |              |             |              | Groupe E    |              |             |              |
|-----------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
|           | Seconde     |              | Cinquième   |              | Seconde     |              | Cinquième   |              |
|           | attendus    | non attendus |
| Pré-test  | 4.98        | 0.35         | 5.53        | 0.38         | 6.35        | 0.30         | 5.82        | 0.30         |
| Post-test | 5.82        | 0.40         | 4.87        | 0.30         | 7.65        | 0.55         | 6.38        | 0.55         |
| DS        | 0,1912 (NS) | 0,1252 (NS)  | 0,0794 (NS) | 0,0188 (S)   | 0,0833 (NS) | 0,5211 (NS)  | 0,9422 (NS) | 0,0005 (S)   |

Tableau 0-63 : moyennes des mots attendus et non attendus mentionnés par les élèves, concernant les liens entre le système respiratoire et les systèmes physiologiques analysés

Légende

- Groupe T : Elèves dont les enseignants ont suivi la formation
- Groupe E : Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation
- Pré-test : Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002
- Post-test : Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003
- Moyenne : Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants

## Synthèse concernant les liens mobilisés par les élèves entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques quand ils répondent à des questions fermées

- La comparaison des résultats concernant les liens mobilisés par les élèves entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques, suite à la formation des enseignants du groupe « E », montre des différences statistiquement significatives en Cinquième et en Seconde. Les élèves de l'échantillon « E » semblent relier davantage le système respiratoire aux autres systèmes physiologiques. Cependant, nous remarquons aussi une amélioration des résultats chez les élèves de Cinquième du groupe « T » (tableau 4-62, histogramme 4-19). Ceci prouve que l'analyse des résultats ne doit pas se réduire à une relation linéaire et simple de cause à effet « formation des enseignants ↔ évolution des conceptions des élèves ».

- Nous remarquons de nouveau que les élèves de Cinquième du groupe « E » font plus d'erreurs suite à la formation et cela de façon significative (tableau, 4-63).

## ANALYSE DES LIENS MOBILISÉS ENTRE LE SYSTÈME CIRCULATOIRE ET LES AUTRES SYSTÈMES PHYSIOLOGIQUES

### *Résultats obtenus*

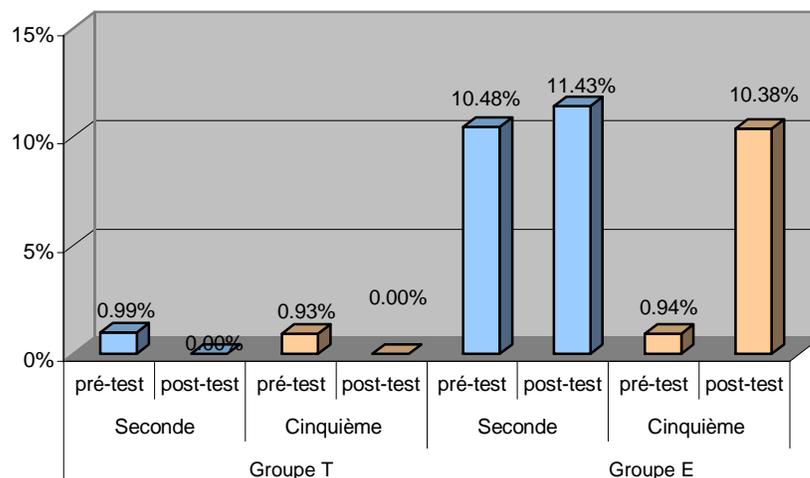
Comparaison pré-test et post-test entre le groupe « Témoin » et le groupe « Expérimental »

| Classe        | Groupe T    |           |             |           | Groupe E    |           |            |           |
|---------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|
|               | Seconde     |           | Cinquième   |           | Seconde     |           | Cinquième  |           |
| Résultats     | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test   | Post-test |
| [75-100]      | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%      | 0.00%     |
| [50-75[       | 0.99%       | 0.00%     | 0.93%       | 0.00%     | 10.48%      | 11.43%    | 0.94%      | 10.38%    |
| [25-50[       | 19.80%      | 17.82%    | 16.67%      | 10.19%    | 38.10%      | 29.52%    | 26.42%     | 29.25%    |
| [0-25[        | 79.21%      | 82.18%    | 82.41%      | 89.81%    | 51.43%      | 59.05%    | 72.64%     | 60.38%    |
| Donc [50-100] | 0.99%       | 0.00%     | 0.93%       | 0.00%     | 10.48%      | 11.43%    | 0.94%      | 10.38%    |
| DS            | 0,5598 (NS) |           | 0,2194 (NS) |           | 0,4198 (NS) |           | 0,0079 (S) |           |

Tableau 0-64 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé par marge de 25% les mots attendus entre le système circulatoire et les systèmes physiologiques analysés

#### Légende

|             |  |
|-------------|--|
| Groupe T    | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation   |
| Groupe E    | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation                                   |
| Pré-test    | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002                               |
| Post-test   | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003                                   |
| Pourcentage | Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants |



Histogramme 0-20 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé au moins 50% des liens attendus entre le système circulatoire et les systèmes physiologiques analysés.

Comparaison pré-test et post-test entre le groupe « Témoin » et le groupe « Expérimental »

| Eléments  | Groupe T   |              |             |              | Groupe E    |              |             |              |
|-----------|------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
|           | Seconde    |              | Cinquième   |              | Seconde     |              | Cinquième   |              |
|           | attendus   | non attendus | attendus    | non attendus | attendus    | non attendus | Attendus    | non attendus |
| Pré-test  | 3.64       | 0.19         | 3.39        | 0.37         | 5.06        | 0.17         | 4.10        | 0.33         |
| Post-test | 2.61       | 0.12         | 2.79        | 0.24         | 5.41        | 0.33         | 5.41        | 0.25         |
| DS        | 0,3443     |              | 0,0494 (S)  |              | 0,5113      |              | 0,3326 (NS) |              |
|           | 0,0029 (S) | (NS)         | 0,1247 (NS) | (NS)         | 0,0667 (NS) | 0,0019 (S)   | 0,3326 (NS) |              |

Tableau 0-65 : moyennes des mots attendus et non attendus mentionnés par les élèves, concernant les liens entre le système circulatoire et les systèmes physiologiques analysés

| Légende   |  |
|-----------|--|
| Groupe T  | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation   |
| Groupe E  | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation                                   |
| Pré-test  | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002                               |
| Post-test | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003                                   |
| Moyenne   | Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants |

## Synthèse concernant les liens mobilisés par les élèves entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques quand ils répondent à des questions fermées

- La comparaison des résultats concernant les liens mobilisés par les élèves entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques, suite à la formation des enseignants du groupe « E », montre des différences statistiquement significatives en Cinquième. Les élèves de Cinquième du groupe « E » mobilisent davantage ces liens (tableau 4-67 et histogramme 4-20).

- Au niveau des « mots attendus », ce sont de nouveau les élèves de Cinquième du groupe « E » qui mentionnent plus de mots attendus au post-test. Nous remarquons, par ailleurs, une nette amélioration des élèves de Cinquième et de Seconde du groupe « T » (tableau 4-65).

### ANALYSE DES LIENS MOBILISES ENTRE LE SYSTEME NERVEUX ET LES AUTRES SYSTEMES PHYSIOLOGIQUES

#### *Résultats obtenus*

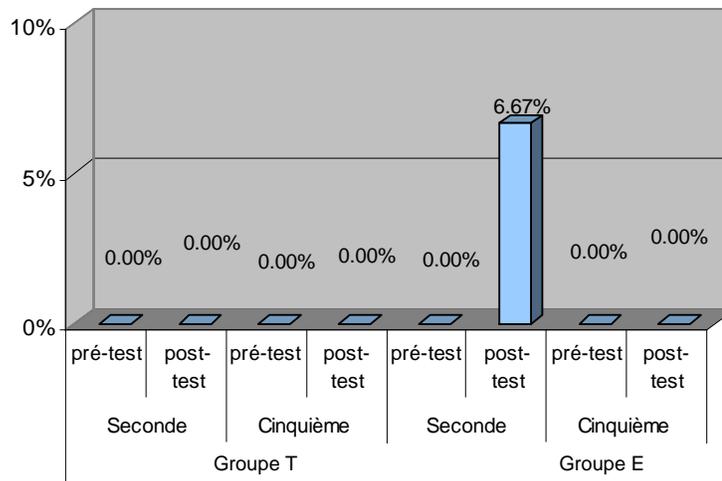
Comparaison pré-test et post-test entre le groupe « Témoin » et le groupe « Expérimental »

| Classe        | Groupe T    |           |             |           | Groupe E   |           |             |           |
|---------------|-------------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|-------------|-----------|
|               | Seconde     |           | Cinquième   |           | Seconde    |           | Cinquième   |           |
| Résultats     | Pré-test    | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test   | Post-test | Pré-test    | Post-test |
| [75-100]      | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%      | 0.00%     | 0.00%       | 0.00%     |
| [50-75[       | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%      | 6.67%     | 0.00%       | 0.00%     |
| [25-50[       | 35.64%      | 23.76%    | 31.48%      | 19.44%    | 48.57%     | 45.71%    | 49.06%      | 50.00%    |
| [0-25[        | 64.36%      | 76.24%    | 68.52%      | 80.56%    | 51.43%     | 47.62%    | 50.94%      | 50.00%    |
| Donc [50-100] | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%      | 6.67%     | 0.00%       | 0.00%     |
| DS            | 0,0646 (NS) |           | 0,0423 (NS) |           | 0,0267 (S) |           | 0,8907 (NS) |           |

Tableau 0-66 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé par marge de 25% les mots attendus entre le système nerveux et les systèmes physiologiques analysés

#### Légende

|  |  |
|--|--|
| Groupe T   | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation   |
| Groupe E   | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation                                   |
| Pré-test   | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002                               |
| Post-test  | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003                                   |
| <span style="border: 1px solid orange; padding: 2px;">Pourcentage</span> | Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants |



Histogramme 0-21 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé au moins 50% des liens attendus entre le système nerveux et les systèmes physiologiques analysés

Comparaison pré-test et post-test entre le groupe « Témoin » et le groupe « Expérimental »

| Eléments         | Groupe T   |              |            |              | Groupe E    |              |            |              |
|------------------|------------|--------------|------------|--------------|-------------|--------------|------------|--------------|
|                  | Seconde    |              | Cinquième  |              | Seconde     |              | Cinquième  |              |
|                  | attendus   | non attendus | attendus   | non attendus | attendus    | non attendus | attendus   | non attendus |
| <i>Pré-test</i>  | 5.33       | 0.00         | 5.74       | 0.00         | 6.65        | 0.00         | 6.78       | 0.00         |
| <i>Post-test</i> | 4.85       | 0.00         | 4.79       | 0.00         | 7.46        | 0.00         | 6.99       | 0.00         |
| DS               | 0,0029 (S) | 0,3443 (NS)  | 0,0494 (S) | 0,1247 (NS)  | 0,5113 (NS) | 0,0667 (NS)  | 0,0019 (S) | 0,3326 (NS)  |

Tableau 0-67 : moyennes des mots attendus et non attendus mentionnés par les élèves, concernant les liens entre le système nerveux et les systèmes physiologiques analysés

Légende

|                  |   |
|------------------|---|
| <i>Groupe T</i>  | <i>Elèves dont les enseignants ont suivi la formation</i>   |
| <i>Groupe E</i>  | <i>Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation</i>                                   |
| <i>Pré-test</i>  | <i>Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002</i>                               |
| <i>Post-test</i> | <i>Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003</i>                                   |
| <b>Moyenne</b>   | <i>Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants</i> |

### Synthèse concernant les liens mobilisés par les élèves entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques en répondant à des questions fermées

- La comparaison des résultats concernant les liens mobilisés par les élèves entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques, suite à la formation des enseignants du groupe « E », montre des différences statistiquement significatives en Seconde au niveau du groupe « E » (tableau 4-66 et histogramme 4-21).

- Au niveau des « mots attendus », ce sont les élèves de Cinquième du groupe « T » qui en mentionnent plus au post-test (tableau 4-67).

## ANALYSE DES LIENS MOBILISÉS ENTRE LE SYSTÈME EXCRÉTEUR ET LES AUTRES SYSTÈMES PHYSIOLOGIQUES

### *Résultats obtenus*

Comparaison pré-test et post-test entre le groupe « Témoin » et le groupe « Expérimental »

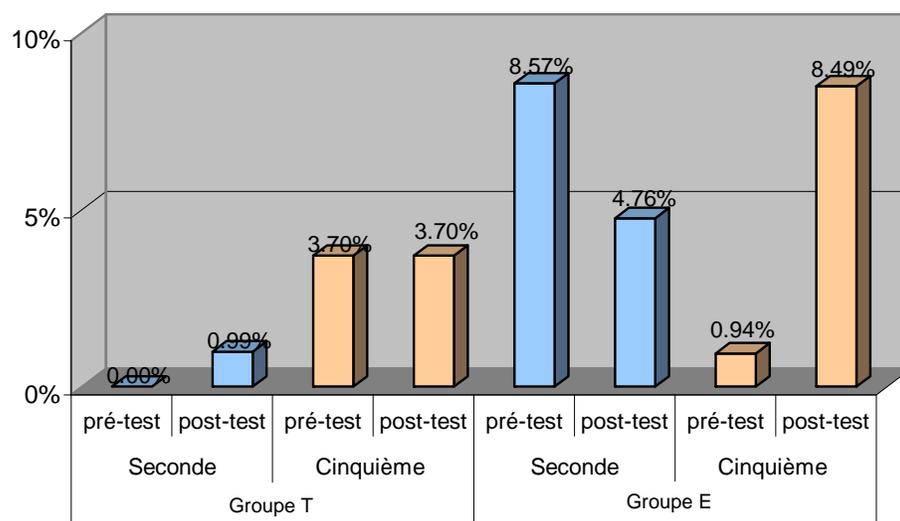
| Classe        | Groupe T    |           |           |           | Groupe E    |           |            |           |
|---------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|------------|-----------|
|               | Seconde     |           | Cinquième |           | Seconde     |           | Cinquième  |           |
| Résultats     | Pré-test    | Post-test | Pré-test  | Post-test | Pré-test    | Post-test | Pré-test   | Post-test |
| [75-100]      | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%     | 0.00%     | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%      | 0.00%     |
| [50-75[       | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%     | 0.00%     | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%      | 0.00%     |
| [25-50[       | 0.00%       | 0.99%     | 3.70%     | 3.70%     | 8.57%       | 4.76%     | 0.94%      | 8.49%     |
| [0-25[        | 100.00%     | 99.01%    | 96.30%    | 96.30%    | 91.43%      | 95.24%    | 99.06%     | 91.51%    |
| Donc [50-100] | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%     | 0.00%     | 0.00%       | 0.00%     | 0.00%      | 0.00%     |
| DS            | 0,3161 (NS) |           | 1 (NS)    |           | 0,2685 (NS) |           | 0,0096 (S) |           |

Tableau 0-68 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé par marge de 25% les mots attendus entre le système excréteur et les systèmes physiologiques analysés

#### Légende

|                    |   |
|--------------------|---|
| <i>Groupe T</i>    | <i>Elèves dont les enseignants ont suivi la formation</i>   |
| <i>Groupe E</i>    | <i>Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation</i>                                   |
| <i>Pré-test</i>    | <i>Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002</i>                               |
| <i>Post-test</i>   | <i>Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003</i>                                   |
| <u>Pourcentage</u> | <i>Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants</i> |

Dans le cas de l'histogramme suivant, nous avons fait le choix d'y présenter les pourcentages des élèves qui ont mobilisé entre 25% et 50% de liens entre le système excréteur et les autres systèmes physiologiques, au lieu de 50% de liens comme dans les autres histogrammes. Ceci est dû aux résultats obtenus : 0% des élèves appartiennent à la catégorie « au moins 50% de liens ».



Histogramme 0-22 : pourcentages des élèves qui ont mobilisé de 25% à 50% des liens attendus entre le système excréteur et les systèmes physiologiques analysés.

Comparaison pré-test et post-test entre le groupe « Témoin » et le groupe « Expérimental »

| Eléments  | Groupe T   |              |             |              | Groupe E    |              |            |              |
|-----------|------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|------------|--------------|
|           | Seconde    |              | Cinquième   |              | Seconde     |              | Cinquième  |              |
|           | attendus   | non attendus | attendus    | non attendus | attendus    | non attendus | attendus   | non attendus |
| Pré-test  | 0.81       | 0.73         | 1.37        | 0.68         | 1.59        | 0.78         | 1.21       | 0.59         |
| Post-test | 0.52       | 0.77         | 1.26        | 0.64         | 1.44        | 0.65         | 1.75       | 0.95         |
| DS        | 0,0256 (S) | 0,8153 (NS)  | 0,5846 (NS) | 0,7889 (NS)  | 0,5561 (NS) | 0,3956 (NS)  | 0,0066 (S) | 0,0177 (S)   |

Tableau 0-69 : moyennes des mots attendus et non attendus mentionnés par les élèves, concernant les liens entre le système excréteur et les systèmes physiologiques analysés

| Légende   |  |
|-----------|--|
| Groupe T  | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation   |
| Groupe E  | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation                                   |
| Pré-test  | Résultats de la situation 1 du test effectué en octobre 2002                               |
| Post-test | Résultats de la situation 1 du test effectué en mai 2003                                   |
| Moyenne   | Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants |

### Synthèse concernant les liens mobilisés par les élèves entre le système excréteur et les autres systèmes physiologiques quand ils répondent à des questions fermées

- 0% des élèves des deux groupes arrive à mobiliser des liens suffisants avec le système excréteur (au moins 50% de liens attendus). Cependant, si nous réduisons nos attentes à la marge [25-50[, nous remarquons qu'une amélioration est à noter chez les élèves de

Cinquième du groupe « E » au post-test. Ce qui est étonnant, c'est la diminution des résultats attendus chez les élèves de Seconde du groupe « E », suite à la formation de leurs enseignants ! (Histogramme 4-22)

- Au niveau des mots attendus, les élèves de Cinquième du groupe « E » et ceux de Seconde du groupe « T » mentionnent plus de mots évoquant des liens avec le système excréteur. Cependant, nous remarquons de nouveau une augmentation dans la moyenne des mots non-attendus ou erreurs chez les élèves de Cinquième du groupe « E » au post-test (tableau 4-69).

### Partie III : Comparaison entre les résultats obtenus à la nouvelle situation-problème proposée au post-test pour chacun des deux groupes « T » et « E ».

L'objectif de cette partie est d'analyser l'effet de la formation des enseignants sur l'évolution des conceptions des élèves en ce qui concerne le développement de la compétence « relier des connaissances pour résoudre un problème », à travers l'analyse d'une nouvelle situation-problème.

#### LA NOUVELLE SITUATION DU POST-TEST – ANALYSE DES LIENS MOBILISÉS ENTRE LES SYSTÈME RESPIRATOIRE, CIRCULATOIRE, EXCRÉTEUR, NERVEUX ET DIGESTIF.

*Hubert a beaucoup fumé pendant 20 ans. Ses alvéoles pulmonaires sont maintenant tapissées d'une très fine couche de goudrons. Dimanche, en marchant en montagne, Hubert s'est mis à respirer de plus en plus vite et il a dû s'arrêter pour se reposer.*

*Pourquoi, à votre avis, Hubert a eu des difficultés respiratoires ? Citez, par la suite, tous les organes impliqués dans cette réaction d'essoufflement.*

#### **Réponse attendue**

| <i>Question posée</i>   | <i>Éléments de réponses attendues</i>  |
|---|--|
| <b><i>Pourquoi, à votre avis, Hubert a eu des difficultés respiratoires ?</i></b>           | <b><i>Essoufflement dû à la diminution de l'espace alvéolaire</i></b>  |
| <i>Citez, par la suite, tous les organes impliqués dans cette réaction d'essoufflement.</i> | <b><i>-Voies respiratoires supérieures, poumons etc. (éléments du système respiratoire).</i></b><br><b><i>-Cœur, sang, pression artérielle etc. (éléments du système circulatoire).</i></b><br><b><i>-Nerfs, cerveau etc. (éléments du système nerveux).</i></b><br><b><i>-Métabolisme etc. (éléments du système digestif).</i></b><br><b><i>-Reins etc. (éléments du système excréteur)</i></b> |

Les résultats sont présentés sous forme :

- de tableaux dans lesquels seuls les pourcentages des élèves qui ont mobilisé un ou plusieurs des liens attendus seront affichés. Un traitement statistique affecté à ces résultats, nous permet de faire une comparaison entre les deux échantillons « E » et « T » afin d'analyser les différences significatives.
- d'un histogramme dans lequel nous regroupons uniquement les résultats significatifs.

### Résultats obtenus

| Classe<br>Groupe | Seconde     |        | Cinquième  |        |
|------------------|-------------|--------|------------|--------|
|                  | E           | T      | E          | T      |
| DS               | 49.52%      | 36.63% | 65.09%     | 46.30% |
|                  | 0,0619 (NS) |        | 0,0057 (S) |        |

Tableau 0-70 : pourcentages des élèves qui ont évoqué un essoufflement dû à la diminution de l'espace alvéolaire.

| Légende     |  |
|-------------|--|
| Groupe T    | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation   |
| Groupe E    | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation                                   |
| DS          | Différences significatives   |
| Pourcentage | Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants |

**Cette légende reste valable pour tous les tableaux ci-dessous.**

| Classe<br>Groupe | Seconde     |        | Cinquième  |        |
|------------------|-------------|--------|------------|--------|
|                  | E           | T      | E          | T      |
| DS               | 36.19%      | 35.64% | 57.55%     | 31.48% |
|                  | 0,9348 (NS) |        | 0,0001 (S) |        |

Tableau 0-71 : pourcentages des élèves qui ont évoqué un ou plusieurs éléments du système respiratoire.

| Classe<br>Groupe | Seconde     |        | Cinquième  |        |
|------------------|-------------|--------|------------|--------|
|                  | E           | T      | E          | T      |
| DS               | 23.81%      | 27.72% | 39.62%     | 13.89% |
|                  | 0,5207 (NS) |        | 0,0001 (S) |        |

Tableau 0-72: pourcentages des élèves qui ont évoqué un ou plusieurs éléments du système circulatoire.

| Classe<br>Groupe | Seconde     |       | Cinquième   |       |
|------------------|-------------|-------|-------------|-------|
|                  | E           | T     | E           | T     |
| DS               | 3.81%       | 5.94% | 4.72%       | 0.93% |
|                  | 0,4768 (NS) |       | 0,0930 (NS) |       |

Tableau 0-73: pourcentages des élèves qui ont évoqué un ou plusieurs éléments du système nerveux.

| Classe | Seconde | Cinquième |
|--------|---------|-----------|
|--------|---------|-----------|

| Groupe | E           |       | T           |       |
|--------|-------------|-------|-------------|-------|
|        | E           | T     | E           | T     |
| DS     | 0.95%       | 0.00% | 0.94%       | 0.00% |
|        | 0,3255 (NS) |       | 0,3117 (NS) |       |

Tableau 0-74: pourcentages des élèves qui ont évoqué un ou plusieurs éléments du système excréteur.

| Classe | Seconde      |       | Cinquième    |       |
|--------|--------------|-------|--------------|-------|
| Groupe | E            | T     | E            | T     |
|        | DS           | 0.00% | 0.00%        | 0.00% |
|        | non faisable |       | non faisable |       |

Tableau 0-75: pourcentages des élèves qui ont évoqué un ou plusieurs éléments du système digestif.

*En ce qui concerne les liens mobilisés entre la situation proposée avec le système respiratoire et le système circulatoire, les pourcentages des élèves dont la capacité à mobiliser des liens en réponse à une situation-problème ont augmenté et de façon statistiquement significative dans l'échantillon « E », c'est à dire au niveau des élèves dont les enseignants ont participé à la formation et précisément au niveau des élèves de Cinquième.*

*L'analyse suivante concerne les liens mobilisés par les élèves des deux échantillons « E » et « T » avec tous les systèmes physiologiques groupés, afin d'avoir une vue globale sur l'évolution de cette compétence.*

| Classe | Seconde     |       | Cinquième  |       |
|--------|-------------|-------|------------|-------|
| Groupe | E           | T     | E          | T     |
|        | DS          | 1.98% | 0.00%      | 3.77% |
|        | 0,3498 (NS) |       | 0,0001 (S) |       |

Tableau 0-76: pourcentages des élèves qui ont évoqué des liens avec tous les systèmes physiologiques analysés.

| Légende     |  |
|-------------|--|
| Groupe T    | Elèves dont les enseignants ont suivi la formation   |
| Groupe E    | Elèves dont les enseignants n'ont pas suivi la formation                                   |
| DS          | Différences significatives   |
| Pourcentage | Différence significative des résultats obtenus avant et après la formation des enseignants |

La différence significative concerne de nouveau les élèves de Cinquième de l'échantillon « E » : 3.77% des élèves dont les enseignants ont été formés à la complexité arrivent à mobiliser des liens entre tous les systèmes physiologiques analysés contre 0% des élèves de l'échantillon « T ».

### Synthèse de l'analyse des résultats obtenus à la nouvelle situation-problème proposée au post-test :

- Les élèves dont les enseignants ont été formés à la complexité arrivent à mobiliser davantage de liens entre la situation proposée et les systèmes physiologiques.
- Le développement de cette compétence a été plus marqué en Cinquième qu'en Seconde. Ceci contredit l'hypothèse selon laquelle l'âge mental des élèves de Cinquième serait moins apte à intégrer la complexité que celui des élèves de Seconde.
- La mobilisation des liens avec le système nerveux, le système excréteur et dans ce cas, avec le système digestif, reste problématique.
- Certains liens que nous qualifions de bizarres ont été notés : peu d'élèves ont évoqué le foie (trois élèves) et la peau (deux élèves).

### **Partie III : Évolution des conceptions des enseignants ayant participé à la session de formation**

Dans le but d'évaluer l'effet de la session de formation sur un changement conceptuel éventuel chez les participants, un entretien avec cinq enseignants a eu lieu. Ces enseignants ont aussi complété un questionnaire comportant deux nouvelles situations problèmes. Nous considérons que cette partie de la recherche a été effectuée à titre d'informations supplémentaires. Elle n'est donc pas assujettie aux mêmes critères méthodologiques pris en considération lors du traitement des résultats des élèves.

#### ***L'objectif de cette partie est triple :***

- *analyser l'effet de la formation sur l'évolution des conceptions des enseignants en ce qui concerne le développement de la compétence « relier des connaissances pour résoudre des problèmes », à travers l'analyse de deux nouvelles situations-problèmes.*
- *analyser le rapport au concept de « l'erreur » entretenu par les enseignants.*
- *analyser l'effet de la formation sur un changement éventuel des pratiques enseignantes et notamment sur la possibilité de l'intégration du paradigme de la complexité dans l'enseignement de la physiologie.*

LA SITUATION-PROBLEME 1 DU POST-TEST PROPOSE AUX ENSEIGNANTS :

**Paul a fait du sport, pendant trois heures, dans une salle fermée et très mal aérée. Au bout d'un certain temps, il éprouve des difficultés respiratoires, il ressent des palpitations cardiaques et il vomit. A quoi attribuez-vous les symptômes ressentis par Paul? Citez, par la suite, tous les organes impliqués dans ces réactions de malaise.**

LA SITUATION-PROBLEME 2 DU POST-TEST PROPOSE AUX ENSEIGNANTS :

**Jeannette vient de se disputer avec son copain. Elle a un cours à donner dans une école d'infirmière. Arrivée en classe, elle se sent hypertendue, elle rougit, son rythme respiratoire et son rythme cardiaque augmentent et elle n'arrive pas à articuler convenablement. A quoi attribuez-vous les symptômes ressentis par Jeannette? Citez, par la suite, tous les organes impliqués dans ces réactions de malaise.**

***Résultats obtenus***

---

*Parmi les cinq enseignants ayant participé au post-test, quatre ont mobilisé tous les liens attendus pour résoudre les deux problèmes. Un entretien de quinze minutes effectué avec ces enseignants a montré que leur rapport à l'erreur semble changer : ils exploitent davantage les erreurs des élèves dans leurs enseignements. A cet effet, certains ont évoqué les outils qu'ils utilisent (exercices de copies d'élèves photocopiés sur papiers transparents et exploités en classe, mise en commun et discussions autour de certaines erreurs communes, recherches individuelles ou en groupes lancées autour de certaines erreurs identifiées etc.). Cependant, ils étaient tous d'accord avec le fait qu'ils ressentent, de leur part, une certaine résistance au changement, et qu'ils sont méfiants quand il s'agit d'appliquer de nouvelles stratégies pédagogiques. Les enseignants ont évoqué deux grands types d'obstacles :*

- *La gestion du temps : l'angoisse du programme scolaire à achever. Cette angoisse, d'après eux, les empêche d'appliquer la pédagogie par résolution de problèmes.*
- *L'effet éphémère d'une session de formation : l'application des méthodes apprises pendant la session s'est limitée à l'enseignement de la partie « physiologie » pour certains.*

## **Conclusion partielle : Evaluation de l'effet de la formation des enseignants sur les changements conceptuels**

### **Avant l'intervention de la formation. Au niveau du pré-test :**

- Les élèves des deux groupes « E » et « T » mobilisent peu de liens entre les différents concepts enseignés en physiologie. Cette constatation a déjà été identifiée et analysée au niveau des résultats obtenus au questionnaire 2002.

- Au niveau du pré-test et avant toute intervention de formation de notre part, les élèves du groupe « E » dont les enseignants ont participé à la session de formation, mobilisent plus de liens entre les systèmes physiologiques analysés que les élèves du groupe « T ». Ce résultat obtenu aux niveaux des situations-problèmes et des questions fermées n'affecte pas la comparaison faite pour analyser l'effet de la formation sur un changement conceptuel quelconque. Notre comparaison a été faite entre pré et post-test au sein de chacun des groupes testés (comparaison verticale). Le but est de mesurer le degré d'évolution de chacun des deux groupes au cours du temps.

- Avant la formation, les élèves des deux échantillons ne relient pas le système excréteur aux autres systèmes physiologiques humains. Ceci est, entre autres, dû à la marginalisation de l'enseignement de ce système et à la marginalisation de la construction de liens entre le système excréteur et les autres systèmes physiologiques.

- Avant la formation, les élèves des deux groupes font des erreurs « mots non attendus » à égalité. Autrement dit, si *a priori*, les élèves du groupe « E » réussissent mieux les exercices, il n'en demeure pas moins qu'ils font autant d'erreurs que les élèves qui les réussissent moins (élèves du groupe « T »).

### **Effet de la formation. Comparaison pré-test / post-test :**

Suite à l'analyse de l'état des lieux (2001-2002) et du pré-test (2002-2003), une session de formation des enseignants du groupe « E » a été mise en place afin de former les enseignants à la complexité, à l'analyse des erreurs et à l'apprentissage par résolution de problèmes. L'objectif final de cette session était une conscientisation et une sensibilisation des enseignants au problème du morcellement des connaissances et une formation pour les

équiper en outils facilitateurs de construction de liens entre différents concepts. Notre hypothèse est que le développement de la compétence « relier les connaissances par résolution de problème » demeure une compétence transférable et mobilisable en classe (voir matériel et méthode). Afin d'évaluer l'effet de cette formation des enseignants, une comparaison des productions des élèves des deux groupes « E » et « T » a été faite.

### **Au niveau des situations-problèmes**

- Les conceptions des élèves concernant leur compétence à résoudre des problèmes en mobilisant des liens entre les systèmes physiologiques analysés a évolué et de façon statistiquement significative, chez les élèves du groupe « E » dont les enseignants ont été formés à la complexité. Les élèves du groupe « E » mobilisent davantage de liens que les élèves du groupe « T », au niveau des situations suivantes :

Les élèves de Seconde et de Cinquième, du groupe « E », mobilisent davantage de liens entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur, ils évoquent davantage l'absorption des nutriments au niveau du sang et mentionnent les échanges cellulaires (Situation-problème 1).

- Les élèves du groupe « E » mobilisent davantage de liens entre le système respiratoire et le système circulatoire. Les élèves de Cinquième du groupe « E » évoquent les échanges respiratoires cellulaires et n'arrêtent plus leurs schémas au niveau des poumons, quand ils représentent le trajet du dioxygène de l'air inspiré : dépassement de l'obstacle « poumon-sac » (Situation-problème 2).

- Les élèves du groupe « E » en Seconde et en Cinquième mobilisent davantage de liens entre le sentiment de peur, le système circulatoire et le système respiratoire. (Situation-problème 3).

A l'opposé des situations-problèmes 1 et 2, les élèves de Cinquième des deux groupes « E » et « T » ont évolué à égalité quant à la mobilisation de liens entre le sentiment de peur et le système nerveux, au niveau du post-test. Nous remarquons, par ailleurs, que les liens entre le sentiment de peur et les métabolismes cellulaires ne sont pas mobilisés par les élèves des deux groupes.

Trois autres résultats intéressants sont à mentionner au niveau des réponses obtenues aux situations-problèmes :

- Dans certains cas, et notamment au niveau des élèves du groupe « T », les pourcentages des élèves qui mobilisent des liens après le cours assuré en classe diminuent au post-test (ex : les liens mobilisés par les élèves de Cinquième entre le système digestif et le système circulatoire « Objectif 3 de la situation 1 »). Pourtant ce type de liens à faire construire par les élèves figure dans le curriculum et dans les manuels scolaires ! D'où l'écart remarqué entre ce qui est « prescrit » officiellement et ce qui est pratiqué en classe.

- Suite à la formation des enseignants, l'évolution des conceptions des élèves concernant les liens mobilisés, a été davantage marquée en Cinquième (ex : Objectif 1 de la situation 3). Ceci montre que la complexité est parfois mieux intégrée par les élèves de Cinquième que par les élèves de Seconde!

Les pourcentages des élèves qui mentionnent des « mots non attendus », donc des erreurs (œsophage à la place de pharynx, eau dans les poumons etc) augmentent au niveau des élèves du groupe « E ». Ces mêmes élèves qui ont donné plus de réponses attendues « réponses justes », produisent plus de liens bizarres et donc « d'erreurs ». Il semble que le rapport qu'entretiennent ces enseignants « formés » avec « l'erreur » et son lien avec l'apprentissage, ait changé. Tout se passe comme si leurs élèves, qui réussissent mieux la résolution de problèmes « osent » faire plus d'erreur, et **osent prendre, par là même, le risque de l'apprentissage.**

#### Au niveau des questions fermées

- L'évolution des conceptions des élèves concernant la mobilisation des liens a été significative, au niveau des élèves du groupe « E », pour les liens mobilisés entre :

\* Le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques, en Cinquième.

\* Le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques, en Seconde et en Cinquième.

\* Le système nerveux et les autres systèmes physiologiques, en Seconde.

- Une légère amélioration (différences statistiquement non significatives) est notée au niveau des liens mobilisés entre le système digestif (en Seconde et surtout en Cinquième),

le système excréteur (en Cinquième) et les autres systèmes physiologiques, par les élèves du groupe « E ».

- Au niveau des liens mobilisés entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques, nous remarquons que l'amélioration des résultats a touché également les élèves du groupe « T » dont les enseignants n'ont pas été formés à la complexité. Ceci prouve que l'analyse des résultats ne devrait pas se limiter à une relation de cause à effet linéaire et simplificatrice « formation des enseignants ↔ évolution des conceptions des élèves ». D'ailleurs, les élèves de Cinquième du groupe « E » ont mobilisé moins de liens avec le système excréteur, au post-test !

- Nous remarquons que les élèves de Cinquième du groupe « E » qui ont évolué au niveau de la mobilisation de liens entre systèmes physiologiques mentionnent plus de « mots non attendus » que ceux du groupe « T ». Au niveau des questions fermées, tout comme au niveau des situations-problèmes les élèves qui mobilisent plus de liens « attendus » n'hésitent pas à faire plus d'erreur. Le rapport à l'erreur a été quelque part modifié, pour ces élèves.

#### **Au niveau de la nouvelle situation du post-test**

Les élèves dont les enseignants ont été formés à la complexité arrivent à mobiliser davantage de liens entre la situation proposée et les systèmes physiologiques. Le développement de cette compétence a été plus marqué en Cinquième qu'en Seconde. Ceci contredit l'hypothèse Piagétienne selon laquelle l'âge mental des élèves de Cinquième serait moins apte à intégrer la complexité que celui des élèves de Seconde.

#### **Au niveau des enseignants qui ont participé à la session de formation**

Les conceptions des enseignants semblent évoluer au niveau du post-test qui leur a été proposé. Ils mobilisent davantage de liens entre les différents concepts physiologiques pour résoudre un problème. Mais le plus grand changement opéré chez les enseignants, c'est le rapport entretenu avec l'erreur. Ils conçoivent dorénavant l'erreur comme un outil d'apprentissage et essaient de l'intégrer dans leurs enseignements. Cependant, selon eux, tous les concepts acquis au cours de la formation sont appliqués de façon ponctuelle (à titre expérimental) et peu intégrés dans les séances de classe. Une certaine résistance au

changement et une confiance dans les méthodes traditionnelles demeurent le moteur d'action de certains de ces enseignants.

# CHAPITRE V

## DISCUSSION

*« L'étranger : excellent ami, s'évertuer à séparer tout de tout est une chose non seulement discordante, mais c'est aussi méconnaître les Muses et la philosophie.*

*Théétète : pourquoi ?*

*L'étranger : c'est la plus radicale manière d'anéantir toute argumentation que de séparer chaque chose de toutes les autres, car la raison nous vient de la liaison mutuelle entre les figures »*

*(Platon, Le sophiste)*



## DISCUSSION GENERALE ET CONCLUSIONS

En amont de cette recherche, nous nous sommes posé la problématique suivante:

**Comment la prise en compte du paradigme de la complexité dans l'enseignement de la physiologie en Cinquième et en Seconde pourrait-elle favoriser la construction de liens entre les concepts enseignés ?**

Pour répondre à cette question, il nous a paru nécessaire de préciser :

- 4- Comment les élèves construisent-ils des liens entre les différents concepts en physiologie ?
- 5- Comment les enseignants traduisent-ils la construction des liens dans leurs pratiques pédagogiques ?
- 6- Comment modifier ces pratiques pour que les élèves construisent des liens entre les connaissances ?

Les réponses obtenues à ces différentes questions, à partir de l'analyse des résultats obtenus, ont montré que:

- En 2001-2002 (au niveau de l'analyse de l'état des lieux): les élèves continuent à mobiliser des conceptions reflétant un morcellement des connaissances, au niveau des systèmes physiologiques analysés. Cette absence de liens entre les concepts enseignés a été identifiée aussi bien dans des réponses à des questions fermées (du type : choix multiples) que dans les réponses obtenues à des questions ouvertes (du type : situation-problème).
- En 2002-2003 (au niveau du pré-test) : les élèves ont continué à fonctionner selon des modèles révélateurs d'absence de liens entre les concepts enseignés en physiologie (selon des modèles de « tuyauteries continues » et d'éléments physiologiques autonomes et indépendants, selon des modèles dualistes séparant cerveau du reste du corps etc.). L'analyse des conceptions des enseignants a révélé aussi la mobilisation de représentations fonctionnant selon une approche linéaire. Les élèves et les enseignants semblent trouver des difficultés au niveau de la résolution de problèmes nécessitant une mobilisation de liens entre plusieurs concepts, en physiologie.
- Toujours en 2002-2003 : la session de formation semble être un moteur de réflexion pour aider les enseignants à prendre conscience de l'importance d'adopter une pratique basée sur l'intradisciplinarité et sur l'introduction de la **complexité** (qui n'est pas synonyme de difficulté) dans leur enseignement. L'outil

le plus expérimenté a été surtout : l'apprentissage par résolution de problème (ARP) ou Problem based learning (PBL). L'analyse des productions des élèves dont les enseignants ont participé à la session de formation a montré une nette amélioration au niveau des liens mobilisés entre les systèmes physiologiques analysés. La discussion des résultats obtenus se déroulera autour de sept axes principaux :

- 5.1- Les conceptions des élèves concernant les liens construits entre les concepts enseignés en physiologie.
- 5.2- Les conceptions des enseignants concernant les liens construits entre les concepts enseignés en physiologie.
- 5.3- L'introduction du paradigme de la complexité dans la formation continue des enseignants.
- 5.4- L'évaluation de l'effet de la formation sur l'évolution des conceptions des élèves.
- 5.5- La place de l'erreur dans l'apprentissage.
- 5.6- La construction de liens entre les connaissances constitue-t-elle une compétence transférable ?
- 5.7- Les contraintes et les limites de cette recherche.

### **Les conceptions des élèves concernant les liens construits entre les concepts enseignés en physiologie**

L'analyse des réponses obtenues aux questionnaires 2001-2002 adressés aux élèves de Seconde et de Cinquième a été faite en fonction de deux axes principaux :

- leur capacité à mobiliser des liens en résolvant des problèmes en physiologie.
- leur capacité à mobiliser des liens en répondant à des questions de type « questions fermées ».

### **La capacité des élèves à résoudre des problèmes en mobilisant des liens entre les systèmes physiologiques**

Pour analyser la capacité des élèves à relier les connaissances en résolvant des problèmes, trois situations-problèmes ont été proposées. Ces situations nécessitent la mobilisation de liens entre deux ou plusieurs des systèmes physiologiques analysés : le système digestif, le système respiratoire, le système circulatoire et le système nerveux.

## **La capacité des élèves à résoudre des problèmes en mobilisant des liens entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur**

Nos résultats montrent que 69% des élèves de Seconde et 59% des élèves de Cinquième (Histogramme 4-1) ne mobilisent pas de liens entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur. L'analyse des schémas obtenus en réponse à la situation problème 1 (questionnaire 2001-2002) permet d'identifier trois catégories de conceptions correspondant à des obstacles d'apprentissage:

### ***- la conception de la tuyauterie digestive continue :***

Les élèves qui ont mobilisé ce type de conception ont dessiné des schémas montrant le transit direct de l'eau ingérée selon un courant allant dans un seul sens, de la bouche à l'orifice urinaire. Ils ont cité des éléments du tube digestif sans évoquer des liens avec le système circulatoire ou avec le système excréteur. Nombreux sont donc les élèves qui semblent ignorer par quelle procédure, qui n'est certainement pas magique, l'eau se transforme en urine (2% des élèves de Seconde et 1% des élèves de Cinquième ont mobilisé des liens entre le système digestif et le système circulatoire, sans mentionner la cellule, Histogramme 4-1). Ce résultat, loin d'être original en didactique de la biologie, a fait l'objet de réflexion de plusieurs chercheurs. Cette question traditionnelle dans le monde de la recherche en didactique a été mise au point à la fin des années 70, dans le cadre d'une formation universitaire expérimentale multidisciplinaire pour adultes, l'ESEU-B (Clément et al, 1981) et reprise par le même chercheur en 1991. Clément (1991) explique l'obstacle du « tuyau » en évoquant l'opposition entre les « tuyaux classiques » dont la paroi ne peut être pensée comme perméable et certains « conduits » de notre organisme qui, à la fois, conduisent un liquide et permettent et provoquent, en même temps, le passage d'une partie de ce liquide à travers leur paroi : c'est le cas de l'intestin, des capillaires sanguins, des tubes excréteurs des néphrons dans le rein, etc. Après les résultats que Clément et al avait obtenus en 1983 et qui mettaient en évidence l'obstacle épistémologique de la « tuyauterie continue : digestion-excrétion » et donc l'absence de liens mobilisés par les élèves entre la digestion, la circulation et l'excrétion, les résultats de 1991 mettent en évidence la persistance de cet obstacle « 90% en fin de collège et chez les lycéens littéraires, 70% sur des publics adultes variés, 50% chez des étudiants de deuxième année du premier cycle scientifique dans les filières de biologie ». L'auteur explique cet obstacle de « tuyauterie continue » comme étant le résultat d'un « apprentissage par transfert analogique » pour reprendre la terminologie de Richard (1990), qui consiste à se référer, au « tuyau d'arrosage ».

Ces résultats rejoignent ceux que nous avons obtenus en France (El Hage 2001) : les élèves des trois classes analysées avaient mobilisé des conceptions de « tuyauterie continue » avec absence de liens mobilisés entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur.

D'autres recherches faites au Liban évoquent l'obstacle de la « tuyauterie digestive continue » et l'absence de liens mobilisés par les élèves entre les systèmes digestif, circulatoire et excréteur. Selon Saber (2001), 83% des élèves de l'échantillon de la classe de Seconde et 91% des élèves de la classe de Philosophie mobilisent des conceptions de « tuyauterie continue ». 18% seulement de l'échantillon mobilise une conception du trajet d'un aliment complètement digéré, reliant le système digestif au système circulatoire. Saber (2001) explique cet obstacle par un cloisonnement conceptuel chez les élèves, entre la digestion chimique et l'absorption intestinale. Selon l'auteur, les élèves ignorent la présence du milieu intérieur et son rôle ainsi que l'unité de fonctionnement de l'organisme.

D'après Kesserwani (2000), 64% des élèves dessinent un tube digestif comme un assemblage de tuyaux et de poches du type « *canalisation de plombier*<sup>114</sup> ». L'auteur explique que les élèves ignorent le devenir des aliments, ce qui constitue un obstacle à la compréhension du concept d'absorption intestinale.

#### **- la conception de « l'estomac-sac » :**

Toujours dans la conception de la tuyauterie continue, nombreux sont les schémas proposés par les élèves, qui montrent le transit de l'eau ingérée à travers un tube avec un estomac très développé et central. Certains schémas s'arrêtent au niveau de l'estomac et n'atteignent pas l'orifice urinaire. En fait, le lien « digestion-estomac » est un lien direct puisqu'il fait partie des premières notions abordées au cours de l'explication de l'anatomie du tube digestif. Sauf qu'il s'agit d'un obstacle didactique important, car ce type de lien semble bloquer le chemin de l'eau au niveau de l'estomac : tout se passe comme si la « sur-valorisation » de cet organe constitue une difficulté à comprendre la notion « d'absorption intestinale » et de faire le lien « digestion-circulation sanguine ». Giordan & De Vecchi (1987) montrent qu'il n'y a pas une grande différence entre les conceptions d'enfants n'ayant jamais abordé l'appareil digestif et celles des sujets plus âgés l'ayant

---

<sup>114</sup> Citation de Giordan, 1990, p.53.

traité une, deux, trois et même quatre fois, dans le cadre de l'enseignement qu'ils ont reçu. Les auteurs évoquent l'obstacle de « *l'estomac=sac impasse* ». A la consigne qu'ils ont posée « *Tu manges. En te servant d'un dessin, essaie d'expliquer où vont et que deviennent une pomme et un jus d'orange quand ils sont entrés dans ton corps* », ils ont obtenu des schémas classables en trois catégories : « *digestion=estomac* », « *digestion=trajet à travers organes* » et « *digestion=doubles tuyaux, un pour les solides et un pour les liquides* ».

En analysant le concept de digestion comme transformation chimique, à travers les manuels de collège, Sauvageot-Skibine (1991) explique l'origine de l'obstacle épistémologique de la survalorisation de l'estomac qui, à notre avis, est un des obstacles importants à l'absence de liens entre la digestion et la circulation. Sauvageot-Skibine nous renvoie à la théorie des trois âmes de Platon «... *les dieux sont logés dans l'intervalle qui s'étend entre le diaphragme et le nombril, et ont construit dans tout cet espace une sorte de mangeoire pour la nourriture du corps, et ils ont enchaîné là cette partie comme une bête sauvage, mais qu'il faut nourrir à l'attache...* ».

Ces résultats rejoignent ceux que nous avons obtenus en France (El Hage 2001) : 100% des élèves de l'échantillon testé font le lien « digestion-estomac ». En fait, ce lien est direct puisqu'il fait partie des premières notions abordées au cours de l'explication de l'anatomie du tube digestif.

***- la conception qui ne prend pas en compte les échanges cellulaires :***

Seulement 2% des élèves de Seconde représentent la cellule dans leurs schémas, sans évoquer les échanges cellulaires (Histogramme 4-1). Aucun élève de Cinquième n'évoque la cellule. La cellule semble être conçue par les élèves comme une structure étanche n'établissant aucun échange avec son environnement. L'absence de liens mobilisés entre le système digestif, le système circulatoire et la cellule pourrait être attribué à un obstacle didactique : la cellule est objet d'enseignement surtout à deux niveaux : soit pour une étude strictement descriptive (ultrastructures et schémas), soit au niveau de la biologie moléculaire (lieu de protéosynthèse). Le lien attendu entre les systèmes physiologiques et la cellule (notamment les échanges cellulaires) semble être marginalisé au niveau de l'enseignement scolaire.

D'autres recherches faites au Liban ont montré que les élèves « ignorent le rôle des nutriments dans les apports nutritifs et énergétiques pour les cellules » (Saber, 2001, p.69).

Selon Kesserwani (2000), 31% des élèves de l'échantillon testé pensent que « les déchets » sont le devenir des aliments. L'obstacle d'apprentissage identifié étant la difficulté que rencontrent les élèves à relier les nutriments résultant de la digestion aux mêmes nutriments utilisables par les cellules.

Si ces obstacles d'apprentissage ont déjà été identifiés plusieurs fois par les chercheurs, la question qui s'impose reste la suivante : pourquoi continuons-nous à retrouver les mêmes conceptions problématiques chez nos élèves, malgré la prise de conscience de ces types d'obstacles, des didacticiens, des concepteurs de programmes, des rédacteurs de livres scolaires et même de certains enseignants? A quel moment de notre pratique enseignante prenons-nous le temps d'aider les élèves à structurer ce type de liens ?

### **La capacité des élèves à résoudre des problèmes en mobilisant des liens entre le système respiratoire et le système circulatoire**

33% des élèves de Seconde et 58% des élèves de Cinquième ne mobilisent pas de liens entre le système respiratoire et le système circulatoire (Histogramme 4-2). L'analyse des schémas obtenus en réponse à la situation problème 2 (questionnaire 2001-2002) permet d'identifier trois catégories de conceptions correspondant à des obstacles d'apprentissage:

#### ***- la conception de la tuyauterie respiratoire continue :***

Les élèves qui ont mobilisé ce type de conceptions ont dessiné des schémas représentant un aller-retour direct de l'air inspiré selon le chemin suivant : bouche/nez → poumons → bouche/nez, en citant certains éléments du tube respiratoire mais sans évoquer les échanges gazeux au niveau des alvéoles ou la respiration cellulaire. L'obstacle de la « perméabilité » est donc aussi identifié au niveau des liens « respiration-circulation sanguine ». Seulement 7% des élèves de Seconde et 0% des élèves de Cinquième mobilisent des conceptions reliant l'air inspiré, les échanges gazeux alvéolaires, la circulation sanguine et les échanges cellulaires (Histogramme 4-2). Cet obstacle de « perméabilité » qui se manifeste sous la forme d'un tuyau continu : « tube digestif-vessie » dans le cas de la digestion et « bouche-poumons » dans le cas de la respiration, constitue un « nœud d'obstacle » (Astolfi, 1989) ou un « obstacle transversal » (Clément,

1991). Il s'agit d'un obstacle didactique et épistémologique que nous retrouvons lorsque nous analysons l'intégration de plusieurs concepts enseignés, à la fois.

Nous avons déjà identifié cette conception chez des élèves français (El Hage, 2001) : d'une part, 31% seulement des élèves de Première S, 8% des élèves de Seconde et 0% des élèves de Cinquième évoquent le transport des gaz respiratoires au niveau du sang et d'autre part, 3% uniquement des élèves de Cinquième et 0% des élèves de Seconde et de Première S évoquent les échanges gazeux respiratoires, pourtant ces deux notions font partie intégrante des programmes de Cinquième et de Seconde.

*Guyon (1987) a identifié l'obstacle de l'absence de liens mobilisés par les élèves entre le système respiratoire et le système circulatoire. L'analyse des manuels scolaires utilisés actuellement en Seconde et en Cinquième montre que ces liens sont pris en considération, mais les résultats que nous avons obtenus montrent que cet obstacle n'a pas été dépassé et qu'un grand pourcentage d'élèves continuent à mobiliser des conceptions arrêtant le chemin de l'air inspiré au niveau des poumons.*

**- la conception du « poumon-sac » :**

*Toujours dans le cadre de l'analyse de la conception de la tuyauterie continue, nombreux sont les schémas qui représentent l'air inspiré bloqué au niveau de deux poumons gonflés. Nous avons obtenus des résultats similaires, dans le cadre d'une recherche faite en France Ibid. : comme dans le cas de l'analyse des liens « digestion-circulation sanguine », la majorité des schémas s'arrêtaient au niveau de l'estomac ; dans le cas de la respiration, 39% des élèves de Cinquième, 50% des élèves de Seconde et 28% des élèves de Première S fonctionnent toujours selon le modèle « tuyau » en mobilisant des conceptions, arrêtant le chemin de l'air inspiré au niveau des poumons. Tout comme pour la conception de « l'estomac-sac=impasse », nous avons retrouvé des réponses évoquant « les poumons-sacs=impasse ». Cet obstacle épistémologique de la perméabilité « poumons=réceptacle ou sac » empêche les élèves de relier facilement les systèmes physiologiques étudiés.*

*D'autres chercheurs en didactique des sciences ont évoqué la difficulté que les élèves rencontrent lorsqu'ils essaient de relier le système respiratoire aux autres systèmes physiologiques. L'analyse des résultats obtenus à la question posée par Vuala*

(1991) : « dessine le trajet de l'air dans ton corps quand tu respires et ce qu'il devient »  
avait permis l'identification de cinq obstacles :

- la difficulté à concevoir que deux orifices différents ont la même fonction : entrée et sortie possible de l'air par le nez et/ou par la bouche.

- la difficulté à concevoir que les deux exemplaires d'un organe (poumons) peuvent exercer la même fonction.

- la difficulté à concevoir que quelque chose qui se gonfle n'est pas creux et peut avoir des fuites. Poumons = réceptacle, ce qui constitue un obstacle à la notion d'échange.

- l'établissement d'une relation entre rythme respiratoire et rythme cardiaque au cours de l'effort physique a tendance à faire croire à l'enfant que l'air va dans le cœur, fait battre le cœur.

- difficulté à concevoir que tout ce qui entre par la bouche ne va pas exclusivement dans le tube digestif.

Or, malheureusement, dix ans plus tard et dans le cadre de la même recherche faite en France (El Hage, 2001), les résultats que nous avons obtenus permettent d'identifier les mêmes obstacles : 90% des schémas montrent l'entrée de l'air par la bouche exclusivement contre 10% de schémas qui représentent l'entrée de l'air par les deux orifices : le nez et la bouche. Ces résultats ne varient pas en passant de la Cinquième à la Première S. Cet obstacle du « seul orifice=bouche » est à l'origine de la difficulté à concevoir que tout ce qui entre par la bouche ne va pas exclusivement dans le tube digestif, d'où les schémas qui représentent un lien entre l'air inspiré et l'estomac.

**- la conception qui ne prend pas en compte les échanges cellulaires :**

7% seulement des élèves de Seconde et 0% des élèves de Cinquième mobilisent des liens entre le système respiratoire, les échanges gazeux et les cellules. Tout se passe pour ces élèves comme si l'oxygène de l'air inspiré est complètement indépendant de l'oxygène utilisé lors des oxydations cellulaires. 34% des élèves de Seconde et 14% des élèves de Cinquième mobilisent des liens entre l'air inspiré et le sang mais aucun de ces élèves n'évoque le lien avec la cellule (Histogramme 4-2).

Dans le cadre des recherches faites en France *Ibid.*, l'analyse des réponses obtenues a montré que le pourcentage des élèves qui mobilisent des liens entre l'oxygène inspiré/l'oxydation du glucose au niveau des cellules musculaires et l'oxygène

inspiré/l'oxydation du glucose au niveau des cellules du cerveau, augmente en passant de la Cinquième à la Seconde puis à la Première S (10% des élèves de Cinquième, 27% des élèves de Seconde et 38% des élèves de Première S). Ces résultats montrent que le pourcentage des élèves qui mobilisent des liens entre l'oxygène inspiré et les cellules musculaires et nerveuses est bas. Ces résultats montrent aussi que les élèves ne classent pas, ensemble, les cellules du cerveau et les cellules musculaires, dans la catégorie des cellules somatiques, qui sont toutes le siège d'un métabolisme.

Si les élèves n'évoquent les échanges cellulaires que rarement, c'est que notre enseignement est, peut-être, très focalisé sur la reproduction de l'image statique de la cellule, à partir d'observation microscopique. Dans le cadre d'une recherche faite avec des étudiants en médecine, Clément<sup>115</sup> (2001) évoque de nouveau le problème du concept de « perméabilité » qui constitue une difficulté pour les étudiants : ils ont du mal à concevoir une cellule vivante dont la membrane est en même temps perméable et protectrice. Les conceptions des étudiants révèlent surtout un modèle de cellules circulaires, isolées et statiques.

*Le thème des liens entre le système respiratoire, le système circulatoire et les oxydations cellulaires a été traité par plusieurs chercheurs. Il est intéressant de comparer les résultats obtenus avec ceux des chercheurs et de voir si les théories qu'ils ont élaborées sont toujours applicables sur nos élèves. Parmi ces chercheurs :*

- *Selon Guyon (1987), aborder le concept de la respiration sous l'angle des échanges respiratoires, de la libération d'énergie et du bilan énergétique, constitue des notions très complexes et manque de significations directes pour les élèves. Guyon assure qu'il s'agit de liens très importants mais qu'il ne faut pas faire l'économie d'une explicitation des représentations des élèves, sinon on court le risque de juxtaposer un savoir appris. A ce moment, les conceptions des élèves restent inchangées, et elles demeurent les seules utilisées hors de l'école. Selon l'auteur, il est très important de donner l'occasion aux élèves de se rendre compte du morcellement de leurs connaissances : « Quelle corrélation entre mouvements thoraciques, circulation du sang, transport des gaz, poumons etc...Quels facteurs d'organisation, quelle cohérence de l'ensemble, quelle finalité à la*

---

<sup>115</sup> Clément, P. (2001). *La cellule : conceptions, obstacles et transposition didactique*, cours en DEA : construction des savoirs scientifiques, Université de Montpellier II.

respiration ? il leur faut donc trouver les pièces manquantes du système pour pouvoir mettre en relation et créer une trame permettant l'accès à un niveau conceptuel supérieur ».

- En étudiant comment les élèves se sont appropriés le concept de respiration, Paccaud (1991) insiste sur l'importance de se baser sur les conceptions des élèves comme « levier d'apprentissage ». Selon l'auteur, les conceptions constituent « les traces » de notre histoire familiale, scolaire, c'est ce qui reste lorsqu'on a tout oublié. Paccaud montre qu'en construisant les moments d'apprentissage à partir des conceptions des élèves, elle a réussi à contribuer à faire évoluer les conceptions des élèves concernant le concept de respiration et du fait même, elle a réussi à les aider à dépasser certains obstacles qu'elle avait identifiés : « *l'obstacle de la structure du poumon qui n'est pas celle du cœur, l'obstacle qui porte sur le fonctionnement du poumon en ce qui concerne la ventilation pulmonaire, l'obstacle des échanges gazeux* ». D'ailleurs, Giordan et De Vecchi (1987) démontrent que « *pour la plupart des enfants, et même pour les adultes, la respiration est uniquement une affaire de ventilation mécanique au niveau des poumons* ».

#### **La capacité des élèves à résoudre des problèmes en mobilisant des liens entre le système nerveux et les systèmes circulatoire, respiratoire & digestif**

*Le pourcentage des élèves de Seconde et de Cinquième qui mobilisent des liens entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques analysés est bas : 0,5% des élèves ont donné la réponse attendue (liens mobilisés le système digestif, le système circulatoire, le système respiratoire et le système nerveux, à la fois, Histogramme 4-3). La recherche faite en France (El Hage, 2001) avait montré que plus de 50% des élèves ne mobilisent pas ces liens, et l'amélioration timide en passant de la Cinquième à la Première S (30,9% en Cinquième, 41% en Seconde et 48,8% en Première S) montre que la réforme des programmes en Cinquième et en Seconde n'a pas encore réussi à pallier cette lacune. Tout se passe pour ces élèves comme si le corps peut fonctionner indépendamment du système nerveux et que nos organes sont disjoints, autonomes et indépendants.*

*Les résultats de notre recherche actuelle montrent que les élèves trouvent le plus de difficulté à relier le système digestif au système nerveux (0% des élèves de Seconde et de Cinquième, Histogramme 4-3). Ce type de liens est d'ailleurs très marginalisé dans l'enseignement scolaire de la physiologie.*

Un autre type de lien très peu mobilisé par les élèves de l'échantillon testé est plus alarmant : c'est le lien entre le sentiment de peur et le système nerveux. 21% seulement des élèves de Seconde et 5% des élèves de Cinquième ont mobilisé ce type de liens. Est-ce que nos élèves considèrent que les émotions seraient autre chose que des émergences cérébrales ?

Ces résultats rejoignent ce que nous avons trouvé en France *Ibid.* Nous avons pu démontrer que même le stress, la peur et les émotions sont, pour un grand pourcentage d'élèves, indépendants du cerveau et des nerfs, qui, à leur tour, sont indépendants du système nerveux. L'obstacle épistémologique sous jacent est l'ensemble des théories innéistes, spiritualistes, dualistes et surtout comportementalistes. En ce qui concerne les théories comportementalistes, l'obstacle de la « boîte noire » selon lequel tout stimulus entraîne une réponse réflexe automatique et stéréotypé est saillant dans les résultats obtenus.

*Par contre, le pourcentage des élèves (Histogramme 4-3) qui relie le système nerveux au système respiratoire d'une part (18% des élèves de Seconde et 12% des élèves de Cinquième) et au système circulatoire d'autre part (30% des élèves de Seconde et 12% des élèves de Cinquième) est légèrement meilleur mais il reste relativement bas, surtout que ces types de liens sont prévus aussi bien au niveau du curriculum qu'au niveau des manuels scolaires adoptés.*

Dans le cadre d'une recherche en didactique dirigée par Favre, le mémoire de Jean-Louis Bec (1995) sur une «*Etude de la plasticité des conceptions des élèves de terminale sur le système nerveux*» montre que, pour les élèves, le système nerveux est avant tout chargé de contracter des muscles et de générer des mouvements dans l'organisme. D'après lui, «*la nature des choix effectués au niveau des contenus des programmes, cette désynchronisation de ce qu'est le système nerveux avec la seule considération d'un type précis de fonction (la fonction réflexe)...empêche les élèves de parvenir à développer, au sujet de la nature, des fonctions que tient réellement le système nerveux*» (Bec et Favre, 1996). D'autres études faites par Favre & Favre (2000 b) ont montré que les enseignants associent le «*cerveau*» à des mots qui ont à voir avec des éléments anatomiques (neurones, système nerveux, cervelle), à des mots qui connotent la métaphore technologique liée à l'ordinateur et à des mots qui lient le cerveau à la pensée (cognition, réflexion, intelligence), mais ce qui a été frappant c'est que les auteurs se sont rendus compte qu'il n'y avait pas eu une

seule association de cerveau avec les notions de plaisir, de peur, de souffrance ou de panique. Or ces sentiments avec pleins d'événements d'ordre émotionnel peuvent facilement survenir en classe ou en formation.

Parallèlement, Clément (1994), et dans le cadre de ses recherches sur le cerveau et l'épigenèse cérébrale, évoque dans ses articles l'obstacle épistémologique qui a été encore une fois identifié, dans le cadre de cette recherche : la prégnance du dualisme cartésien (pas de support biologique pour des différences de pensée et de comportement). Nous citerons des extraits de ces articles : en étudiant « *La difficile évolution des conceptions sur les rapports entre cerveau, idées et âmes* », Clément montre que les étudiants et les enseignants interrogés n'avaient « *aucun problème pour penser des comportements et des pensées sans supports neuronaux, venant donc plutôt de l'extérieur de nous-mêmes. Comme si nos actes et pensées exprimaient un esprit divin extérieur à nous, et non pas notre personnalité, c'est à dire notre propre expérience qui a structuré notre propre cerveau* ». Neuf ans plus tard, Abou Tayeh (2003) montre que le même obstacle est retrouvé chez des étudiants libanais. Les résultats que nous avons obtenus confirment la persistance de cet obstacle en y ajoutant un élément : à part le fait que les étudiants ne font pas le lien « pensée ou comportement/cerveau », les réponses montrent qu'ils considèrent aussi que les organes et les viscères qui font partie de systèmes physiologiques humains sont capables de fonctionner indépendamment du cerveau ou des structures nerveuses !

### **L'absence de la prise en compte de la complexité dans la résolution de problèmes**

Si les élèves n'arrivent pas à mobiliser des liens entre les systèmes physiologiques, en essayant de répondre à des situations-problèmes, ce serait entre autre dû au fait que l'enseignement de la physiologie est toujours conçu selon un schéma linéaire, selon le paradigme de la simplification. Dans le cadre des recherches concernant « *les conceptions d'élèves libanais sur les relations entre les systèmes digestif, circulatoire et excréteur de l'organisme humain* », Saber (2001 p.65) interprète les conceptions des élèves comme étant « *une vision simpliste de l'organisme du corps humain qui élimine la complexité de cette organisation quant au nombre des systèmes et à leurs relations* ». Que les élèves se retrouvent dans l'incapacité de relier les concepts enseignés en physiologie entre eux pourrait traduire l'absence d'une conception globale du corps humain et une représentation très morcelée de ce corps, comme le souligne Piaget (1924) : « *les élèves se montrent incapables de porter tous les éléments de la situation à la fois* ».

Le déclinement d'un concept physiologique donné en ses différents attributs est une opération nécessaire pour l'assimilation de ce concept, cependant il faudrait trouver le moyen de le réintégrer dans son ensemble naturel, selon une approche systémique, encore défailante dans nos pratiques enseignantes. Il s'agit d'articuler avec la démarche analytique une démarche systémique pour aider les élèves à relier les connaissances, comme le souligne Yatchinovsky (1999, p.13) « *à l'inverse de la logique cartésienne qui dissocie, partage, décompose, la logique systémique associe, rassemble, considère les éléments dans leur ensemble les uns vis-à-vis des autres et dans leur rapport à l'ensemble* ».

D'après Kitano (2002), le fait de lister (en catalogue) et de comprendre de façon isolée le fonctionnement de chaque part d'un organisme donné, le fait d'identifier tous les gènes et toutes les protéines d'un organisme, est insuffisant pour comprendre la complexité sous-jacente à l'objet analysé. Ce genre de catalogue aboutit à des connaissances morcelées et limitées. Nous n'aurons ainsi ni une idée concernant les interactions existantes entre les différents éléments du système, ni l'impact de la perte d'un des éléments sur la dynamique du système étudié.

### **La capacité des élèves à relier les connaissances en physiologie, en répondant à des questions fermées<sup>116</sup>**

Suite au changement du contexte, en l'occurrence la formulation de la question, les pourcentages des réponses attendues obtenues changent. Toujours dans le but d'analyser les liens mobilisés par les élèves, entre plusieurs systèmes physiologiques étudiés, nous avons proposé, cette fois-ci, des questions fermées, à la place des situations-problèmes, ciblant les mêmes objectifs. Les résultats obtenus montrent que les élèves mobilisent d'autres conceptions. Ceci nous amène à penser que lorsqu'un élève ne donne pas la réponse attendue à une question donnée, c'est peut-être dû au fait qu'**il n'a pas mobilisé la conception adéquate à la situation, dans un contexte bien défini** et cela ne veut pas dire nécessairement qu'il « ne sait pas ». Ceci rejoint la théorie des **conceptions conjoncturelles** (Clément, 1998), les conceptions étant tous les aspects conceptuels de la mémoire à long terme. Les conceptions étant ce qui reste après avoir tout oublié, Clément montre que ce qu'exprime une personne, avant ou pendant un apprentissage (que son expression soit au niveau verbal, au niveau comportemental, ou au niveau des réalisations)

---

<sup>116</sup> Questions dont les réponses sont univoques. Des questions du type « réponds par oui, non, je ne sais pas pour chacun des cas suivants ».

ne traduit pas directement l'ensemble de ces conceptions, mais seulement des conceptions conjoncturelles : celles qui sont mobilisées en mémoire de travail, dans la situation précise. Parallèlement à cette analyse, nous avons remarqué que les conceptions conjoncturelles mobilisées changent en fonction du système physiologique analysé.

### **Les conceptions mobilisées concernant les « liens directs » et les liens « en ricochets ou en réseaux » entre les systèmes physiologiques analysés**

Les plus grands pourcentages d'élèves correspondent à ceux qui mobilisent des liens entre le système digestif et ses **éléments anatomiques** (73,86% des élèves de Seconde, Histogramme 4-4 et 59,86% des élèves de Cinquième, Histogramme 4-5), entre le système circulatoire et ses éléments anatomiques (82,35% en Seconde, et 79,59% en Cinquième,) et entre le système nerveux et ses éléments anatomiques (87% en Seconde Histogramme 4-8 et 85,72% en Cinquième Histogramme 4-9). Ces liens seront qualifiés de **liens directs** puisque leur mobilisation ne nécessite pas la construction de liens entre plusieurs concepts enseignés dans des chapitres différents. Par contre, rares sont les élèves qui mobilisent des liens indirects. Par exemple, rares sont les élèves qui mobilisent des liens entre le système digestif et le système nerveux (11,76% des élèves de Seconde, Histogramme 4-4 et 9,52% des élèves de Cinquième, Histogramme 4-5), entre le système respiratoire et le système nerveux (35,30% en Seconde, Histogramme 4-6 et 18,36% en Cinquième, Histogramme 4-7) et entre le système circulatoire et le système nerveux (30,06% en Seconde, Histogramme 4-8 et 42,86% en Cinquième, Histogramme 4-9). Nous qualifions ces types de liens par **les liens en ricochet** ou **liens en réseaux** dont la mobilisation s'inscrit dans le paradigme de la complexité où l'inter-rétro-action entre plusieurs concepts enseignés est attendue. Pour mobiliser ce type de liens, les élèves devraient solliciter tout leur univers conceptuel en reliant plusieurs notions se rapportant à plusieurs chapitres. Or, à quel moment de notre enseignement sommes-nous en train de développer cette compétence chez les élèves ?

Si les élèves trouvent autant de difficultés à construire des liens entre les différents concepts abordés en sciences de la vie et de la terre, c'est entre autre dû au manque des **moments structurants** (De Vecchi & Magnaldi, 1996) qui devraient permettre d'élaborer une trace écrite rendant compte de l'ensemble du phénomène ou des liens construits entre les différents attributs d'un concept : capacité transférable à une nouvelle situation. Il serait intéressant de prévoir des situations spécifiques de structuration quand on juge qu'une idée générale a été abordée à plusieurs reprises et qu'il serait intéressant de mettre

en relation toutes ces activités. Donc, la structuration doit se situer à la fin d'un sujet d'études (séquence spécifique de structuration), mais aussi tout au long des apprentissages, chaque fois que cela semble possible (moments structurants).

Les élèves semblent trouver des difficultés aussi au niveau des liens mobilisés avec le concept d'énergie (surtout le lien système nerveux/énergie) : 7,85% seulement des élèves de Seconde (Histogramme 4-10) et 10,88% des élèves de Cinquième (Histogramme 4-11) ont mobilisé ce type de lien. Les pourcentages sont plus élevés mais restent relativement bas (inférieurs à 50% des élèves) lorsque nous analysons les liens entre les systèmes digestif, respiratoire, circulatoire et le concept d'énergie. Ce concept est d'ailleurs assez marginalisé dans notre enseignement, notamment en biologie.

### **Les conceptions conjoncturelles mobilisées en fonction du contexte et de la formulation de la question**

Certaines des questions fermées de cette partie reprennent les mêmes objectifs visés dans les situations-problèmes, le but étant d'analyser l'impact de la formulation de la question sur les réponses obtenues et par là même les conceptions mobilisées ou **conceptions conjoncturelles**. Les pourcentages des élèves qui mobilisent des liens entre les systèmes physiologiques sont plus élevés quand il s'agit de questions fermées par rapport à ceux obtenus dans les réponses aux situations-problèmes. Par exemple, le pourcentage des élèves qui mobilisent des liens entre le système digestif le système respiratoire et le système circulatoire dépend aussi de la formulation de la question : ces pourcentages sont plus élevés quand il s'agit de questions fermées (13,07% en Seconde, Histogramme 4-4 et 27,21% en Cinquième, Histogramme 4-5) par rapport à ceux obtenus dans la situation-problème 1 (69% en Seconde et 59% en Cinquième, Histogramme 4-1). Aussi, le pourcentage des élèves qui mobilisent des liens entre le système nerveux et le sentiment de peur est plus élevé quand la question est de type fermé (63% des élèves, Figure 4-4) par rapport aux pourcentages obtenus quand la question est ouverte (21% en Seconde et 5% en Cinquième, Histogramme 4-3). La même analyse peut être faite sur les liens mobilisés, sous forme de réponses à des questions fermées, au niveau des systèmes respiratoire, circulatoire et nerveux d'une part et au niveau des résultats obtenus aux situations-problèmes 2 et 3, d'autre part.

*Ce résultat est conforme à ce que nous avons obtenu en France Ibid. : les élèves de l'échantillon français analysé mobilisent beaucoup plus facilement*

*des liens quand nous leur demandons de choisir la « bonne réponse » que quand nous leur demandons de réaliser un schéma d'ensemble. Ceci est entre autre dû, à notre avis, au fait que l'enseignement actuel est basé sur les détails et sur les échanges microscopiques aux dépens du global et du macroscopique. Quelles sont les places des notions anatomiques générales et des synthèses globalisantes dans nos pratiques enseignantes ?*

**Les conceptions reflétant un morcellement des connaissances concernant les liens mobilisés entre les systèmes physiologiques analysés et le système nerveux**

L'analyse des réponses obtenues aux questions fermées des élèves (questionnaire 2001-2002) a révélé un problème de morcellement des connaissances en ce qui concerne les liens mobilisés entre les systèmes physiologiques étudiés (tableaux : 4-1, 4-2, 4-4, 4-5, 4-7, et 4-8) : rares sont les élèves qui ont mobilisé des liens entre les systèmes analysés. Toutefois, un type de lien particulier semble poser le plus de difficultés et mérite d'être analysé à part : il s'agit des **liens non mobilisés entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques**. 3,34% seulement des élèves ont mobilisé des liens entre le système nerveux et le système digestif et 30% ont mobilisé des liens entre le système nerveux et le système circulatoire (tableau 4-12). 35,30% seulement des élèves de Seconde (Histogramme 4-6) et 18,36% des élèves de Cinquième (Histogramme 4-7) ont mobilisé des liens entre le système respiratoire et le système nerveux (pourtant c'est un lien qui figure explicitement dans leur manuel scolaire). Ce résultat est conforme à celui obtenu au niveau des réponses proposées aux situations-problèmes. Les élèves n'arrivent pas à mobiliser ce type de lien (système nerveux/autres systèmes physiologiques) que les questions soient ouvertes ou fermées. Nous considérons que cet obstacle est le plus persistant, surtout que la mobilisation de ce type de liens nécessite une pensée complexe et systémique et donc des liens en ricochets : selon la biologie systémique telle qu'elle a été décrite par Pennisi (2003), en essayant de construire des liens entre biologie, mathématiques et ingénierie, les réseaux neuronaux « *neuronal networks* » sont assujettis à un modèle mathématique. L'auteur explique que « *les systèmes biologiques entreprennent un défi, celui de se baser sur des modèles mathématiques et statistiques pour intégrer les informations dans une image plus globale des réseaux biologiques, depuis les cellules jusqu'au fonctionnement de l'organisme entier* ». **Les viscères fonctionnent-elles, pour nos élèves, de façon autonome, indépendamment du système nerveux ?**

### L'impact de l'inversion de la question sur les réponses obtenues

En analysant les quatre parties du questionnaire (2001-2002), nous remarquons que certaines questions semblent être redondantes. Notre objectif est de comparer les résultats obtenus en fonction de l'inversion des questions. Exemple : dans la partie 1 de ce questionnaire nous demandons aux élèves de mobiliser des liens entre le système digestif et les nerfs (élément du système nerveux) et dans la partie 4 du même questionnaire, nous leur demandons de mobiliser des liens entre le système nerveux et l'estomac (élément du système digestif). Les résultats obtenus et traités statistiquement montrent que les conceptions mobilisées changent en fonction de l'élément par lequel la question commence. Les couplages suivants ont été analysés :

- Système digestif ↔ Système respiratoire
- Système digestif ↔ Système circulatoire
- Système digestif ↔ Système nerveux
- Système circulatoire ↔ Système respiratoire
- Système respiratoire ↔ Système nerveux
- Système nerveux ↔ Système circulatoire

Les élèves de Seconde mobilisent davantage des liens entre le système digestif et le système respiratoire quand la question commence par le système respiratoire alors que les élèves de Cinquième mobilisent davantage ce type de liens quand la question commence par le système digestif (tableau 4-13). Les liens semblent plus facilement mobilisés, en fonction de la formulation de la question, dans le sens suivant : Système respiratoire → Système circulatoire → Système Digestif → Système nerveux. Nous retrouvons la théorie des **conceptions conjoncturelles** (Clément, 1999a) : les réponses proposées par les élèves changent, non seulement en fonction de la nature des questions posées (questions fermées / questions ouvertes), mais aussi en fonction du contenu de la question (l'élément de départ). Ceci pourrait remettre en question tout notre système d'évaluation. **Dans quelle mesure, les évaluations pratiquées permettraient-elles de valider les connaissances acquises par nos élèves, si les connaissances mobilisées dépendent à ce point du contexte même de l'évaluation ?**

### L'influence des conceptions d'origine sociale sur les conceptions d'origine scolaire

Nous distinguons dans ce qui suit entre deux types de conceptions indissociables certes, mais nous le faisons dans le but d'analyser l'impact de l'une sur l'autre : les conceptions d'origine surtout scolaire et celles d'origine surtout sociale, concernant le lien avec le système nerveux. A titre indicatif et non exhaustif nous qualifions de:

- Conceptions d'origine scolaire : les liens entre un système physiologique donné et les éléments suivants *nerfs, cerveau, système nerveux, fonctionnement des cellules nerveuses, et moelle épinière*. Notre hypothèse étant que ce type de construction de liens par les élèves est prévu par le curriculum.
- Conception d'origine sociale : les liens entre un système physiologique donné et les éléments suivants *l'appétit, le stress, l'excès de peur et l'état affectif*. Nous désignons par conceptions d'origine sociale celles qui correspondent à des liens qui ne sont pas enseignés de façon détaillée en classe ou prévus par le curriculum.

Les résultats obtenus (tableaux 4-19, 4-20, 4-21) ont montré que les élèves mobilisent plus de liens entre le système nerveux et les autres systèmes analysés quand la question se réfère à des conceptions d'origine sociale<sup>117</sup> (peur, appétit etc). Ces résultats sont concordants avec les résultats des élèves français (El Hage, 2001) : les élèves de l'échantillon testé en France, ne mobilisent pas suffisamment de liens, ni les liens existants entre des concepts abordés en détail en classe (liens entre la digestion, l'oxygène inspiré, le rythme respiratoire et le système nerveux) ni entre des concepts abordés d'une manière sommaire ou marginale (liens entre transpiration, vomissement appétit et système nerveux). Cette conclusion confirme l'hypothèse selon laquelle, quand la capacité de « relier des connaissances » n'est pas suffisamment structurée, elle ne peut pas être facilement mobilisée dans de nouvelles situations. Par contre, ces mêmes résultats montrent, que les élèves réussissent mieux à relier des connaissances correspondant à des conceptions d'origine sociale ou médiatique « liens appétit - état affectif » ou « lien transpiration - stress ou peur ». Notre enseignement de la physiologie semble être déconnecté de la vie courante. Nous reprenons le questionnement de Lehmann (1997, p. 147) : « *doit-on former les jeunes gens par une approche théorique, apte à développer leur capacité de raisonnement et de logique, ou bien doit-on les confronter au plus tôt aux réalités de la vie pratique, avec ses approximations et sa complexité, les rendant plus aptes à agir lorsqu'ils se trouveront confrontés à l'exercice réel des responsabilités ?* »

---

117

Sauf si les élèves ne relient pas ces facteurs psycho-affectifs au système nerveux lui-même.

Ces conceptions d'origine sociale rappellent ce que Abou Tayeh (2003, p. 316) nomme « *le primat des opinions sur les connaissances pour des questions vives* ». L'auteur considère que les opinions et les croyances prévalent sur les connaissances scientifiques.

Si, dans certains cas, les élèves mobilisent davantage des conceptions d'origine sociale, nous pourrions interroger le lien entre l'offre de formation disciplinaire scolaire proposée d'une part, et les besoins et les désirs d'apprentissages des élèves d'autre part. Dans la formation française par exemple, d'après Chevallard (1985), certains besoins disciplinaires de base sont déjà satisfaits hors de l'école. L'école française, d'après l'auteur, « *propose une offre de formation qui ne rencontre que très partiellement le désir des jeunes, lesquels ont pourtant de vifs désirs de discipline, c'est-à-dire de puissance et de liberté* ». Cette analyse ne devrait pas nous pousser à croire que l'enseignement scientifique doit sous-estimer l'importance des opinions et des conceptions sociales en pensant que l'acquisition de connaissances scientifiques suffira à les modifier (Abou Tayeh, 2003). Il s'agit plutôt d'interroger nos pratiques enseignantes pour établir une meilleure intégration des conceptions d'origine scolaire avec celles d'origine sociale.

### **Conclusion concernant la compétence des élèves à relier les concepts enseignés en physiologie**

L'analyse des conceptions des élèves concernant leur compétence à mobiliser des liens entre les différents systèmes physiologiques analysés a permis d'identifier plusieurs difficultés et obstacles de différentes nature : des obstacles didactiques, épistémologiques et psychologiques. Par exemple, la prégnance de la « tuyauterie continue » dans le système digestif, dans le système respiratoire et dans plusieurs concepts physiologiques impliquant une « circulation » et une « diffusion » de substances en même temps, correspond à trois obstacles (d'après Clément, 2001)<sup>118</sup> : un obstacle épistémologique (la difficulté de concevoir un tuyau qui assure un écoulement de liquide et qui soit perméable en même temps), un obstacle didactique (le cloisonnement des connaissances : chaque système physiologique est traité sous forme d'un « appareil » physiologique autonome et autosuffisant) et un obstacle psychologique (le « moi-peau », qui est à la base de la

---

<sup>118</sup> Clément, P. (2001). *La cellule : conceptions, obstacles et transposition didactique*, cours en DEA : construction des savoirs scientifiques, Université de Montpellier II.

difficulté de concevoir une membrane protectrice assimilée à une « muraille » et qui soit perméable en même temps). Toutefois, si nous voulons analyser la compétence des élèves à relier les connaissances, il faudrait analyser les conceptions d'un des acteurs principaux de l'opération éducative : les enseignants.

### **Les conceptions des enseignants concernant les liens construits entre les concepts enseignés en physiologie**

Dans le but d'analyser un des paramètres importants interférant au niveau du problème du morcellement des connaissances, nous nous sommes intéressés à l'étude des conceptions des enseignants. Quinze enseignants de collèges homologués libanais (choisi au hasard) ont répondu à un questionnaire, au début d'une session de formation. Les réponses obtenues à ce questionnaire 2003 ont été analysées en fonction de trois axes :

- les conceptions des enseignants concernant la construction des « liens entre les connaissances ».
- la compétence des enseignants à résoudre des problèmes en mobilisant des liens entre les systèmes physiologiques analysés.
- Le rapport des enseignants au concept de l'erreur.

### **Les conceptions des enseignants concernant la construction des « liens entre les connaissances »**

Tous les enseignants<sup>119</sup> qui donnent des cours simultanément en Seconde et en Cinquième semblent être plus conscients de l'importance de l'interdisciplinarité par rapport aux professeurs qui enseignent exclusivement en Seconde ou en Cinquième. Très rares sont les enseignants qui ont manifesté un besoin de formation pour lutter contre le morcellement des connaissances (25% des enseignants du Secondaire, 0% des enseignants du complémentaire et des enseignants des deux niveaux, tableau 4-23). Les enseignants ne mobilisent-ils pas de liens entre « interdisciplinarité » et « lutte contre le morcellement des connaissances » ?

---

<sup>119</sup> Il s'agit de l'échantillon des enseignants qui ont participé à la session de formation, soit 15 enseignants.

Les enseignants semblent être aussi inconscients de la difficulté que rencontrent les élèves à relier les connaissances, en l'occurrence en physiologie, comme nous l'avons démontré dans le chapitre des « résultats » de cette recherche : seulement 25% des enseignants du secondaire (un enseignant sur 4, tableau 4-24) et 11% (un enseignant sur 9) des enseignants du complémentaire évoquent ce type de difficulté. Mais la question fondamentale qui se pose est la suivante : les enseignants ont-ils été formés à l'interdisciplinarité et à la construction de liens entre les connaissances ? Lenoir & Sauvé (1998b) considèrent que les transformations du système éducatif requièrent l'établissement de liens serrés avec la formation à l'enseignement. Selon ces auteurs, si les modèles d'intervention éducative en cours, dans la formation à l'enseignement, sont focalisés sur l'interdisciplinarité, il n'en demeure pas moins que la vision additive et cloisonnée de l'enseignement reste un modèle ancré dans des pratiques enseignantes scolaires et universitaires. Cette méthode linéaire dans l'enseignement reste la « bonne méthode » à suivre pour une large tranche de la société. Lenoir & Sauvé (1998, p.124) citent de nombreux auteurs américains dont Joshi & Thomas (1991) et Miller (1992) qui réclament : « *une formation interdisciplinaire des enseignants qui repose sur un curriculum au moins partiellement intégrateur* ».

Les résultats obtenus au Liban rappellent ceux obtenus en France *Ibid.* : le nombre d'enseignants qui accordent de l'importance au développement de la compétence « construction de liens entre concepts » reste faible : 30,8% des enseignants du collège, et 27,8% des enseignants du secondaire (tableau 4-25), pour la compétence explicitée (faire des liens entre les connaissances scientifiques). Ces proportions passent à 50% au collège et à 33,3% chez les enseignants de lycée pour la question qui appelle la construction de liens au sein d'un même chapitre (construire un schéma-bilan). Nous remarquons aussi que le pourcentage des enseignants qui considèrent le développement de cette compétence important chute en passant de la Cinquième à la Seconde, ce qui est en contradiction avec les instructions officielles. Ceci nous permet d'avoir une idée du décalage décelé entre les instructions officielles, l'intégration de ces « prescriptions » et les conceptions des enseignants.

Concernant les instructions officielles et depuis la dernière réforme des programmes en France, l'appel à développer chez les élèves la compétence de construction de liens entre

les différents concepts revient dans plusieurs instructions officielles<sup>120</sup>. A la rentrée 2000 des Lycées et dans le texte de mise en œuvre des Travaux personnels encadrés, l'accent est mis sur l'importance de la construction de liens entre les différents concepts des différentes disciplines. (MEN-DESCO, CNDP, juin 2000).

De plus, l'analyse des manuels des sciences de la vie et de la terre, notamment des parties qui concernent notre étude (« L'organisme en fonctionnement » en Seconde, et « Le fonctionnement du corps humain et santé » en Cinquième) montre que le souci d'intégration des concepts est pris en considération, à savoir que les textes officiels disent que « cette partie du programme a pour objectif de sensibiliser les élèves à la notion d'intégration des fonctions de l'organisme ». (B.O HS N°2 du 30 août 2001). Les textes montrent que même le champ lexical, au niveau du contenu, témoigne de l'importance accordée au développement de cette compétence (construction de liens) chez les élèves.

Mais la question qui se pose est la suivante : suite à la prise de conscience de la noosphère scientifique de l'importance de la construction de ces liens, quels sont les dispositifs pédagogiques concrets mis à la disposition des enseignants et quelles sortes de formation à l'interdisciplinarité et à l'intradisciplinarité ont-ils suivies ? Ce qui soulève le problème posé par la difficulté d'accéder à la réalité des pratiques enseignantes.

Parallèlement à ces réflexions, nous nous sommes intéressés aux évaluations pratiquées par ces enseignants (tableau 4-27) : 55% des enseignants du complémentaire et 100% des enseignants qui pratiquent dans les deux cycles disent qu'ils évaluent « souvent » la compétence « relier des notions enseignées ». Ces pourcentages ne correspondent pas à ceux des objectifs d'enseignement fixés par les professeurs (résultats obtenus à partir de l'analyse d'une question posée aux mêmes enseignants leur demandant de citer les objectifs d'enseignement qu'ils se fixent pour préparer une séquence de cours concernant l'enseignement de la physiologie humaine). Les enseignants évaluent-ils des objectifs qu'ils ne se sont pas fixés au cours de leurs pratiques enseignantes ?

Des entretiens semi-directifs faits avec quatre enseignants ont montré que les principaux objectifs d'enseignement sont focalisés sur le contenu scientifique et sur ce qu'ils appellent « des outils opérationnels » comme la construction des graphes, l'exploitation

---

<sup>120</sup> De Gaudemar (Annexe du B.O HS N°2 du 30 août 2001).

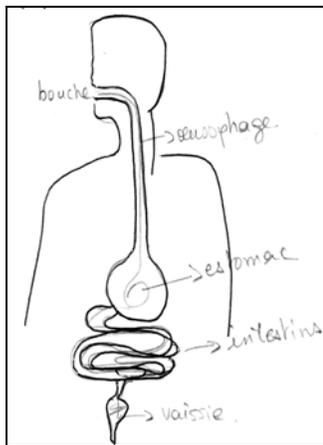
d'un document ou la réalisation d'une expérience. Lors de la préparation d'une évaluation, ils sont surtout à la recherche d'un document correspondant aux notions abordées en classe et d'après eux, très rares sont les documents qui appellent une construction de liens. Le but de ces entretiens est surtout de pousser les enseignants, par un geste mental, à faire un travail réflexif sur leurs processus cognitifs dans un contexte bien déterminé. Ces processus cognitifs concernant le concept de « transversalité intradisciplinaire » étant dépendants de l'environnement, de la situation d'apprentissage et des représentations des enseignants de ce concept. Il s'agit donc de l'analyse d'une métacognition contextualisée. Or, réfléchir sur ses pratiques et ses conceptions ne saurait être fait indépendamment d'un outil d'apprentissage fort intéressant : l'erreur.

Nous nous sommes donc intéressés aussi au rapport entretenu par les enseignants avec l'erreur. 93% des enseignants de l'échantillon testé relie l'erreur à une défaite, à un malaise et à un sentiment de culpabilité (tableau 4-28) ce qui concorde avec les résultats de Favre (1995). Notre hypothèse serait la suivante : si les enseignants ressentaient un malaise et une frustration vis à vis de l'erreur, si l'erreur leur renvoie une image négative d'eux-mêmes, ils risqueraient de former leurs élèves selon la même logique. Or, adopter un point de vue constructiviste de l'apprentissage c'est accorder aux erreurs un statut d'événements cognitif incontournable dont la prise en compte permet à l'apprenant de résoudre les problèmes posés par l'apprentissage lui-même aussi, nous pensons que tout apprentissage devrait être basé sur l'erreur. Axer son enseignement sur une « pédagogie de l'erreur » c'est aussi se centrer sur une pédagogie d'évaluation formative donc sur une « co-rrection » entre pairs qui réfléchissent ensemble: il s'agit de passer de la logique de contrôle à celle du questionnement, de l'interrogation fermée à l'éclaircissement, à la négociation et à la discussion, de l'imposition d'un point de vue à la mise en réflexion, et de l'omniprésence de l'enseignant à l'implication de l'élève.

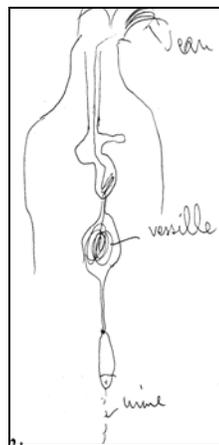
Toujours dans le souci d'analyser les conceptions des enseignants, et suite à l'analyse des conceptions des élèves, il fallait évaluer la compétence des enseignants à résoudre des problèmes en reliant les connaissances en physiologie.

La compétence des enseignants à résoudre des problèmes en mobilisant des liens entre le système digestif, le système circulatoire, le système respiratoire et le système excréteur

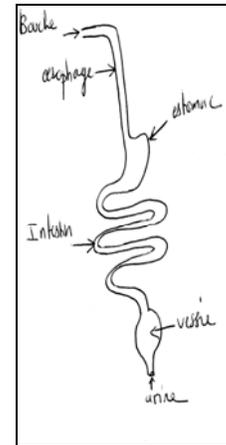
Aux mêmes situations-problèmes proposées aux élèves, les enseignants semblent mobiliser des conceptions révélant les mêmes obstacles d'apprentissage (tableau 4-29): tuyauterie continue digestive (voir figure ci-dessous), tuyauterie continue respiratoire, trois ramifications indépendantes (circulation, excrétion et défécation) etc. Par contre, les liens mobilisés entre le sentiment de peur et le système nerveux sont mieux construits chez les enseignants : 90% des enseignants ont mobilisé ce type de lien (tableau 4-31). Mais les liens mobilisés entre le système nerveux et le système digestif restent faibles (0% des enseignants !) Ces résultats permettent de déduire que les enseignants de l'échantillon testé trouvent, eux aussi, des difficultés à mobiliser des liens en résolvant des problèmes.



Elève de Seconde :  
*tuyauterie digestive continue*



Elève de Cinquième  
*tuyauterie digestive continue*



Professeur en Seconde  
*tuyauterie digestive continue*

Notre hypothèse est que la résolution de problèmes est un contexte adéquat à la mobilisation de liens entre les connaissances. Or, les résultats obtenus, même si l'échantillon d'enseignants n'est pas assez représentatif (15 enseignants), semblent contredire ce que Fossati & Reynaud (2004)<sup>121</sup> assure : « *l'enseignant spécialiste fait naturellement*<sup>122</sup> *la liaison entre ces connaissances mais pas nécessairement les élèves* ». Nous pensons que ni les enseignants ni les élèves, sauf exceptions, ne seraient capables de relier naturellement les connaissances, dans le cadre d'une résolution de problèmes. Les

<sup>121</sup> Fossati J. & Reynaud C., 2004 : Repérer l'absence de lien entre les connaissances: exemple de la forêt et de la garrigue chez les professeurs des écoles stagiaires. 7e Biennale de l'éducation et de la formation, Lyon, [www.inrp.fr/biennale](http://www.inrp.fr/biennale).

<sup>122</sup> Souligné par nous.

**moments de structurations cognitives (Rey, 1996), moments pendant lesquels des dispositifs pédagogiques adéquats facilitateurs de constructions de liens entre les connaissances, sont nécessaires pour développer ce type de compétence, aussi bien chez les enseignants (dans le cadre de la formation initiale ou de la formation continue) que chez les élèves (moments de structuration prévus en classe).**

Or la construction d'un problème est un processus parfois plus complexe et nécessite davantage de liens que sa résolution. Et puisque ce sont les enseignants qui proposent aux élèves des problèmes à résoudre, les questions qui s'imposent restent les suivantes : dans quelle mesure ces enseignants ont-ils été formés à l'apprentissage par résolution de problèmes ? Et quand ils étaient eux-mêmes élèves ou étudiants, combien de temps avait-on prévu pour les former à relier les connaissances étudiées ?

### **L'introduction du paradigme de la complexité dans la formation continue des enseignants**

Vu la prolifération incontrôlable des connaissances au cours des dernières décennies et notamment dans le domaine de la biologie, la formation continue des enseignants s'impose. Cet accroissement des connaissances n'a pas uniquement touché le contenu disciplinaire mais aussi les réflexions et les outils pédagogiques. Parallèlement à ces innovations didactiques, Kesrwani (2000) pense que la formation des *maîtres* est insuffisante du point de vue didactique et pédagogique, ce qui pourrait être à l'origine de certaines difficultés. Le but de ces formations est d'abord de réduire l'existence d'un écart éventuel entre les connaissances de la noosphère scientifique et didactique et celles des enseignants. Cet écart pourrait exister aussi bien au niveau des connaissances cognitives disciplinaires qu'au niveau des outils pédagogiques exploités dans les pratiques enseignantes. Selon Lehmann (1997, p.155), « *ce qui caractérise le savoir théorique est qu'une connaissance de base aussi solide soit-elle n'est jamais complète, et que tout au long d'une vie professionnelle il convient de l'enrichir du fruit de l'expérience et de formations complémentaires explicitement ou implicitement présentes dans toute carrière professionnelle* ».

Suite à ces réflexions et aux résultats obtenus aux questionnaires des enseignants, une session de formation en didactique a regroupé 15 enseignants de collèges homologués

**choisis au hasard**<sup>123</sup>. Le but étant « *de faire de la didactique un outil de formation et non un objet de connaissance* » (Saint-Georges, 1998, p.60). La question sous-jacente à cette formation était la suivante :

dans quelle mesure peut-on former les enseignants à la complexité pour les aider à mieux résoudre des problèmes, en reliant les connaissances ?

Certains concepts et outils pédagogiques, que nous considérons comme facilitateurs à la construction de liens entre les connaissances, ont fait l'objet de la session de formation des enseignants. Nous en citons :

- l'apprentissage par résolution de problèmes.
- les techniques et les objectifs des cartes conceptuelles.
- le rapport à l'erreur.
- la prise en compte de la dimension effective en éducation.

Ces différents axes s'inscrivent dans une pensée complexe qui articulerait de façon intégrative l'affectif, le technique et le pédagogique. Si les enseignants trouvent eux-mêmes des difficultés à relier les connaissances c'est parce qu'ils n'ont pas été formés sur ce point (Saber, 2001).

Il s'agissait donc de former les enseignants à la complexité en physiologie (telle qu'elle a été définie par Morin 1999) : les éléments des systèmes physiologiques (*le principe systémique ou organisationnel*) sont interdépendants. Leurs relations sont complémentaires et parfois antagonistes (*le principe dialogique et le principe de la boucle récurrente*) et assujettis à des systèmes de rétrocontrôles régulateurs des systèmes physiologiques (*le principe de la boucle rétroactive*). Les systèmes physiologiques s'auto-organisent suite à une perturbation (*le principe d'autonomie et de dépendance*) selon des systèmes de communication internes et en interaction avec l'environnement : l'émergence finale est globale (*le principe hologrammatique*).

---

<sup>123</sup> Les enseignants qui ont participé à la session de formation se sont portés eux-mêmes volontaires (random selection). Huit enseignants choisis également au hasard ont accepté de tester certains dispositifs pédagogiques (que nous considérons comme outils facilitateurs de la construction de liens entre les connaissances) dans leurs classes (que nous qualifions de classes expérimentales).

Des outils pédagogiques favorisant la construction de liens entre les connaissances : PBL<sup>124</sup> et cartes conceptuelles

Dans le cadre de la session de formation des enseignants, l'accent a été mis sur les techniques, les enjeux et la portée de la mise en application :

5.3.1.1- de l'apprentissage par résolution de problèmes.

5.3.1.2- de la construction des cartes conceptuelles.

L'objectif de la mise en place de cette session de formation n'est pas de rompre avec les pratiques enseignantes usuelles mais plutôt de faire construire des outils qui permettraient aux enseignants d'être conscients de leurs choix, d'avoir un regard réflexif sur ce qu'ils font et d'acquérir de véritables savoirs pratiques professionnels. Il s'agit surtout d'évaluer, avec eux, la mise en place de dispositifs facilitateurs de construction de liens entre les connaissances en physiologie comme l'apprentissage par résolution de problèmes et la construction des cartes conceptuelles, tout en prenant en considération l'analyse des erreurs et la dimension affective. Il n'est pas question pour nous d'être prescriptifs et de leur dire ce qu'ils doivent faire. Nous ne cherchons pas à remplacer un modèle d'enseignement par un autre. Il s'agit surtout de développer chez eux les compétences de problématisation et de métacognition.

D'après Garrett & Satterly et Gil Perez & Martinez-Torregrosa (1990, p.2), les enseignants ont une conception du « problème » qui pourrait être défini comme telle : « *une application simple d'exercices proposés dans les manuels scolaires et qui n'incluent pas les aspects de ce qui pourrait être appelé : approche scientifique de résolution de problèmes* ». Il s'agit donc de former les enseignants pour que leurs conceptions du « problème » change, et de développer leur compétence de transformer certains exercices en problèmes authentiques et concrets (ce que Garrett & Satterly et Perez & Martinez-Torregrosa (1990, p.10) appellent **déconditionnement réflexif**). Ce changement conceptuel chez les enseignants est basé sur le passage d'une stratégie basée sur une résolution mécanique et technique d'un problème vers un processus réflexif autour des axes de solutions possibles. Autrement dit, la formation consiste à aider les enseignants à s'attarder sur l'analyse du problème avant de penser à « comment le résoudre ». Il s'agit de réfléchir sur les hypothèses et les interprétations possibles des résultats envisageables pour un problème donné. Ceci

---

<sup>124</sup> PBL ou Problem based learning traduit par Pochet (1995) par « apprentissage par résolution de problèmes » ou ARP.

s'applique aussi bien sur les réponses inadéquates que sur les solutions « correctes » : elles sont toutes les deux porteuses d'informations intéressantes. Ceci pourrait motiver aussi bien les élèves que les professeurs qui vont pouvoir s'investir dans un travail plus intéressant et plus rentable.

### **L'apprentissage par résolution de problème**

Si nous voulons que les élèves se construisent la compétence de mobilisation de liens entre plusieurs concepts enseignés, pour résoudre un problème, il faut d'abord regarder du côté de leurs enseignants. Ces derniers semblent, à l'image de leurs élèves, trouver des difficultés au niveau de cette compétence. Les résultats obtenus au questionnaire des enseignants<sup>125</sup> montrent qu'ils mobilisent des conceptions révélatrices de « tuyauteries continues digestives et respiratoire » et d'absence de liens au niveau des problèmes résolus. Or, nous pensons que si les élèves n'arrivent pas souvent à accorder du sens à un enseignement quelconque, c'est parce qu'ils n'arrivent pas à l'exploiter pour résoudre des problèmes concrets de la vie courante. **Un clivage semble s'installer entre la formation théorique et le développement des compétences nécessaires à résoudre des problèmes complexes et interdisciplinaires.** Boilevin & Dumas-Carré (2001, p.77) évoquent, dans le cadre de formation des enseignants à la résolution de problèmes en physique, « *les confusions rencontrées notamment à propos de la problématisation et de la représentation du problème qui proviennent probablement de la mauvaise distinction faite entre le référent empirique et le registre des concepts et des modèles* ». Mais qu'est-ce qu'un problème ? Andler (1987) oppose un problème dont la recherche de la solution nécessite argumentation et raisonnement à la question dont la réponse courte et sans argumentation utilise un algorithme. Traiter un problème c'est élaborer une stratégie de réflexion et une stratégie d'action. Un problème est toujours contextualisé, il ne naît pas dans le vide (Fossati & Reynaud, 2004)<sup>126</sup>. C'est à travers des situations et des problèmes à résoudre qu'un concept acquiert du sens pour l'apprenant (Vergnaud 1990, Fabre 1999). Le problème ne peut être considéré comme une simple difficulté qui apparaît sur l'arrière-plan des connaissances. « *Le problème est une construction* », dit Orange (1997, p.12).

---

<sup>125</sup> Voir chapitre résultats, paragraphe 4.2, partie II

<sup>126</sup> Fossati J. & Reynaud C., 2004 : Repérer l'absence de lien entre les connaissances: exemple de la forêt et de la garrigue chez les professeurs des écoles stagiaires. 7e Biennale de l'éducation et de la formation, Lyon, [www.inrp.fr/biennale](http://www.inrp.fr/biennale).

Selon Bachelard, (1938, p.14) « *Avant tout, il faut savoir poser des problèmes. Et, quoi qu'on dise, les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes* ».

Les progrès scientifiques agrandissent le champ des connaissances de plus en plus rapidement, de telle sorte qu'il ne peut être question ni de tout enseigner, ni de tout apprendre, mais d'être capable de savoir comment apprendre, ce qui est nécessaire pour résoudre un problème qui se présente. L'enseignant devient donc celui qui encourage les élèves à trouver et à exploiter efficacement les ressources nécessaires à résoudre des problèmes, ce qui les aidera plus tard, dans leur vie professionnelle. Le rôle des enseignants est donc de planifier des activités d'apprentissage donnant l'occasion aux élèves de formuler un problème (non seulement de le résoudre). Le passage de la description d'une situation en termes de phénomènes à une description en termes de concepts est un travail à faire avec les élèves parce qu'il ne se fait pas naturellement. **La formulation d'un problème est la première étape fondamentale du processus de résolution.** Si nous considérons que l'apprentissage par résolution de problèmes est un premier outil pédagogique fondamental pour la construction d'un savoir ayant du sens et nécessitant la mobilisation de liens construits entre les connaissances scientifiques, l'apprentissage par cartes conceptuelles (ACC) en est un second.

### **La construction des cartes conceptuelles.**

Dans le cadre de la session de formation des enseignants, un second outil pédagogique a été exploité : l'apprentissage par élaboration de cartes conceptuelles (ACC). Nous considérons que c'est un outil facilitateur de la mobilisation de liens entre les éléments d'un concept ou même entre plusieurs concepts enseignés. Il s'agit de l'établissement d'une carte arborescente dans laquelle les nœuds représentent les mots importants (attributs d'un concept) dans le domaine, et les lignes révèlent les relations entre deux nœuds, et l'étiquette sur les lignes dit comment les nœuds sont reliés (la nature du lien). Suite à l'analyse des résultats obtenus au questionnaire des enseignants et aux entretiens faits avec eux, deux points saillants semblent émerger :

- *absence de moments de structurations cognitives intégratives* : quand les enseignants déclinent un concept en ses différents attributs ils omettent parfois, dans leurs enseignements, de relier et de contextualiser ces éléments pour aider les élèves à avoir une vue globale et à pouvoir accorder du sens à tout enseignement

fait. Les enseignants semblent croire que c'est une compétence automatique chez les élèves, pourtant certains ont cité des questions posées par leurs élèves, des questions révélatrices d'un besoin de contextualisation : «  *finalement Madame, il est où cet ADN dont vous parlez ?* », «  *Qui est plus petit, la molécule ou la cellule ?* », «  *quelle est la différence entre digestion et métabolisme ?* »

- *absence de sens accordé aux liens mobilisés* : quand les enseignants établissent des liens entre plusieurs concepts enseignés, ils omettent d'explicitement la nature de ces liens et leurs applications dans la vie concrète, dans la résolution d'un problème réel.

D'où l'importance de l'apprentissage par élaboration de cartes conceptuelles (ACC) qui ne constitue certes pas la solution unique ou magique, mais qui pourrait aider à pallier certains obstacles dus au morcellement des connaissances. Novak (1990) avait émis l'hypothèse qu'il serait possible de faire construire par l'élève lui-même une représentation graphique de sa structuration de pensée entre les différents concepts d'un même thème étudié. Cette structuration étant de type hiérarchique, la construction de sa carte sera arborescente avec la présence de différents niveaux. Cette carte conceptuelle serait évolutive puisque dépendante du niveau de réflexion de l'élève, et en conséquence, elle pourrait être un témoin de sa progression en cours d'enseignement. Nous nous sommes basés sur les mêmes hypothèses pour former les enseignants. Tribollet, Langlois & Jacquet (2000, p. 69), dans le cadre d'une formation des maîtres aux protocoles d'emploi des cartes conceptuelles au lycée, montrent que cette activité s'insère facilement dans les pratiques enseignantes en classe car :

- « •  *elle comprend suffisamment d'opérations de type graphique et manuel pour permettre de participer à bon nombre d'élèves réfractaires à des méthodes plus théoriques;*
- *les productions des élèves permettent à l'enseignant un contrôle visuel rapide qui peut amener une remédiation sur place plus légère que les classiques corrections réalisées en différée ;*
- *l'instauration d'une activité collective montre l'efficacité de la confrontation des points de vue entre élèves ; ces deux derniers points apportent un gain de temps qui compense largement celui de l'introduction des cartes devant les élèves ».*

L'apprentissage par construction de cartes conceptuelles (CAA) pourrait donc aider les élèves à tisser des liens entre les attributs d'un même concept, entre les concepts d'un thème dans une même discipline (intradisciplinarité). Le (CAA) permettrait aussi l'intégration de plusieurs concepts enseignés dans différentes disciplines pour résoudre un problème concret (interdisciplinarité). Fourez (1992, p.110) propose de considérer l'interdisciplinarité comme une pratique particulière « *en vue de l'approche des problèmes de l'existence quotidienne (...) de résoudre un problème concret* ». Ceci nécessite une formation des enseignants à ce type de pratique et donc à la complexité. « *Chercher à faire la lumière sur les liens qui se tissent - ou à tisser- entre l'interdisciplinarité et la formation initiale des enseignants requiert un certain nombre de clarifications préalables, compte tenu de l'encombrement conceptuel qui règne au regard de l'interdisciplinarité et de son évolution historique, mais aussi du flou et de la polysémie des termes en usages* ». Lenoir & Sauvé (1998b, p. 122) qui citent Morin (1994).

La plupart des théories cognitives s'entendent sur le fait que la construction de liens entre les concepts est la première propriété de la connaissance (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996). L'un des aspects utilisés pour définir la compétence dans un domaine donné, est **la connaissance structurée fondée sur une interconnexion conceptuelle**. L'apprentissage par élaboration de cartes conceptuelles facilite la construction de ce type de liens. Cependant, cette technique est à son tour assujettie au concept de conceptions conjoncturelles (conceptions mobilisées dans un contexte bien déterminé) : d'abord tous les concepts ou tous les attributs d'un concept ne seront pas représentés, ensuite les liens représentés dépendent étroitement de la consigne et du contexte (Ruiz-Primo & Shavelson, 1996).

L'analyse des dispositifs pédagogiques susceptibles de favoriser la construction de liens entre les connaissances scientifiques, nous pousse donc à repenser nos pratiques enseignantes dans le contexte de la complexité. Or cette analyse ne saurait être efficace si l'on néglige une dimension fondamentale dans l'opération éducative : celle de l'affectif.

### **La prise en compte de la dimension affective en éducation**

Dans le cadre de la session de formation, l'accent a été mis sur l'importance de l'apprentissage par résolution de problèmes (PBL) et sur l'apprentissage par cartes conceptuelles (ACC). Mais il fallait tout d'abord s'assurer que l'élève (et en amont l'enseignant) dispose bien des ressources disponibles lui permettant d'appréhender la

situation. Lorsque l'élève est confronté à un véritable problème dont la solution n'est pas immédiate et qu'elle nécessite la mobilisation de plusieurs concepts interreliés, il devra franchir un obstacle « *dont le dépassement représentera un palier décisif dans le développement cognitif du sujet* » (Meirieu 1991, p.172). Or le développement cognitif implique une transformation qualitative des fonctions psychiques qui deviennent des fonctions psychiques supérieures se caractérisant par « *l'intellectualisation et la maîtrise, c'est à dire la prise de conscience et l'intervention de la volonté (...) L'intériorisation des médiateurs instrumentaux, à l'origine externes, marque le passage d'une régulation externe à une régulation interne.* » (Vygotsky 1985, p.237).

La relation pédagogique est avant tout une relation humaine, avec tout ce que ces relations impliquent de complexité. Vygotsky (1978) évoque au moins deux types de relations psychologiques inter-rétro agissant selon une boucle récursive : dans un premier temps entre personnes (relation inter-psychologique) et dans un deuxième temps à l'intérieur de l'élève lui-même (relation intra-psychologique). Les enseignants qui ont participé à la session de formation, d'abord surpris par cette partie, n'ont pas tardé à construire le lien entre l'approche de la complexité et la dimension affective en éducation. La nature sociale et culturelle de l'enseignement et du développement de l'élève entraîne une définition des relations entre apprentissage et construction de la personne entière en tant que sujet réel et non pas en tant que sujet épistémique seulement. Ceci est à rattacher au concept de « *zone proximale de développement* » tel qu'il a été défini par Vygotsky (1978) qui distingue entre le niveau de développement présent ou actuel (évalué par ce que l'élève est capable de faire seul) et le niveau de développement potentiel ou proximal (évalué par ce que l'élève est capable de faire avec l'aide d'un adulte ou d'un pair plus expérimenté). Le rôle de l'enseignant serait donc celui d'un **tuteur qui rend la recherche de la solution d'un problème plus accessible et moins hasardeuse** (en dédramatisant les erreurs par exemple). Avec une telle démarche, les élèves se sentent sécurisés et confiants pour s'investir davantage dans des tâches qu'ils réussissent, ce qui constitue une source de motivation.

Une des parties fondamentales du domaine affectif est la motivation. Sachant que l'école est moins captivante que les médias, les loisirs, le jeu ou les amis, il serait donc nécessaire de motiver les élèves pour qu'ils ne deviennent pas ce que les Québécois appellent les « décrocheurs ». Le transfert sur les enseignants qui utilisent des méthodes constructivistes est aussi à envisager. L'identification des élèves à des enseignants capables de résoudre

des problèmes concrets est une source de motivation en soi. Le développement de la compétence de résolution de problèmes qui implique une construction de liens entre les connaissances pourrait permettre aux élèves d'avoir une vue globale de la situation et de contextualiser les savoirs. Ceci pourrait aider les élèves à lutter contre le morcellement des connaissances. Freud (1917) précise que la science inflige au narcissisme de l'être humain trois blessures d'amour-propre :

La première blessure, vient de Copernic, avec cette découverte, cette révélation, que la terre n'est pas le centre de l'univers. La deuxième blessure, c'est celle qu'inflige Darwin avec son évolutionnisme qui nous montre que l'être humain n'est pas le roi de la nature et qu'il n'en est seulement qu'une étape. La troisième blessure, c'est la psychanalyse qui l'inflige au Moi de l'être humain à travers sa dimension narcissique : « *le Moi n'est pas le maître chez lui !* ». Elle introduit le concept de l'inconscient, l'idée d'une opacité de l'être humain à lui-même (Ginet, 2000, p.27). Nous y ajoutons une quatrième blessure, c'est le « Moi morcelé ». Un élève qui n'arrive pas relier ses connaissances pourrait difficilement accorder du sens à un enseignement quelconque et à mobiliser ses connaissances dans la réalisation d'une tâche complexe ou dans la résolution d'un problème. Un enseignement qui disjoint l'émotion de la cognition voit en l'élève, un sujet « épistémique » morcelé et non un sujet « réel », pour reprendre les expressions de Favre & Favre (2000 b). Selon les auteurs (p.63), « *il n'y a pas de neurones « cognitifs » et de neurones « émotionnels », mais il y a un « tout fonctionnel »* ».

La question posée dans la réunion<sup>127</sup> de l'OCDE-CERI autour du sujet « Emotion, Apprentissage et Emotions » a été la suivante : « *comment les enseignants sont supposés reconnaître et négocier avec les états émotionnels de leurs élèves, quand la plupart du temps les élèves ne savent même pas ce qu'ils ressentent eux-mêmes ?* » D'après le rapport de l'OCDE, les classes sont considérées comme un environnement frustrant aussi bien pour les élèves que pour les enseignants. Est-il possible de développer un cadre de négociation des émotions sans production de confusion ? La démotivation de nos élèves aujourd'hui est entre autre due (d'après le même rapport) à la marginalisation du pôle émotionnel dans nos pratiques enseignantes. « *Les émotions négatives et la peur inhibent les amygdales cérébrales et provoquent une désactivation des autres parties du cerveau, ce qui provoque l'inhibition d'une large partie du cortex cérébral responsable de*

---

<sup>127</sup> La réunion a eu lieu les 8 et 9 novembre 2004 avec la collaboration du laboratoire de l'apprentissage à Copenhague. La réunion a regroupé plus que 40 experts en neurosciences et en éducation. [www.oecd.org](http://www.oecd.org)

*l'apprentissage (...) les émotions négatives bloquent aussi le cortex pré-frontal responsable d'un apprentissage optimal* ». La réunion a aussi exploré les processus de motivation : « *la curiosité cérébrale est très peu stimulée dans le système scolaire courant (...) L'engagement d'une personne dans une chose qu'il aime vraiment, constitue une source de motivation intrinsèque* ». Nos résultats ont montré que les élèves engagés dans un processus de résolution de problèmes ont été très motivés à répondre à des questions qu'ils se sont posés pour résoudre un problème non routinier, avec tout ce que cette démarche modifie dans la relation « enseignant-élèves ».

Bref, la construction de liens entre les connaissances et l'établissement de liens entre les acteurs de l'opération éducative constituent deux pôles interdépendants et complémentaires pour une construction de sens à un enseignement donné.

### **L'effet de la formation sur l'évolution des conceptions des enseignants**

L'analyse des conceptions des enseignants, une année après la session de formation, a montré une certaine évolution chez concernant le cadre théorique sous-jacent. Les enseignants semblent prêts à changer d'habitus et à se diriger vers un modèle d'enseignement moins dogmatique, moins transmissif et davantage axé sur un savoir construit, orienté vers une résolution de problèmes permettant une meilleure mobilisation de liens entre les connaissances scientifiques. Les enseignants interviewés en post-formation sont arrivés à mobiliser des liens entre plusieurs concepts pour résoudre un problème<sup>128</sup>. Ces enseignants exploitent davantage les erreurs des élèves et veillent à une structure de savoir basée sur une meilleure construction de liens entre les concepts enseignés. Mais est-ce que le questionnaire complété par les enseignants en post-test, certaines visites de classes que nous avons effectuées, les entretiens faits de façons ponctuelles et ce que les enseignants prétendent faire, sont-ils des critères suffisants pour évoquer l'évolution des conceptions des enseignants ?

Pour pouvoir évoquer un changement conceptuel quelconque chez ces enseignants, nous nous sommes heurté d'emblée à une difficulté majeure : comment avoir accès aux conceptions des enseignants et encore plus à leurs pratiques réelles en classe?

---

<sup>128</sup> Voir chapitre résultats, paragraphe 4.3.4.

La difficulté d'accès aux pratiques enseignantes vient de la sélection des variables effectuées par l'observateur pour analyser une situation à travers ses outils (questionnaires, entretiens ou autres) et ses grilles d'analyse. Ces interventions qui ne prennent pas en compte la complexité de la situation risquent d'induire des interprétations trop partielles, pouvant alors se révéler inexactes. « *La pratique, ce n'est pas seulement l'ensemble des actes observables, actions-réactions, mais cela comporte aussi les procédés de mise en œuvre de l'activité dans une situation donnée par une personne, les choix, et les prises de décisions. Le choix d'une approche dépend d'une part des travaux de didactiques disciplinaires centrés sur la gestion des contenus et d'autre part des recherches pédagogiques communicationnelles ainsi que des travaux psychologiques et sociologiques centrés sur les acteurs et leurs stratégies en classe* » (Altet, 2002). De plus, comment se fier aux analyses des questionnaires et des entretiens si l'un des obstacles importants à l'accès des pratiques enseignantes est la nature même de la collaboration « *praticien-chercheur* » : (Gal-Petitfaux et Saury, 2002). Cet obstacle risque de falsifier l'analyse de la situation à moins qu'il n'y ait une intégration authentique du chercheur dans la communauté de pratique. Le respect fondamental des exigences de la pratique et le postulat d'une relative opacité des pratiques constituent des éléments de base, loin d'être exhaustifs, pour analyser cette collaboration et son impact sur les résultats de l'observation du « travail réel ».

Afin d'analyser ce « travail réel » des enseignants, il faudrait construire des relations de signification entre les indicateurs que nous avons récoltés d'une part, et les variables fonctionnelles spécifiques des situations d'enseignement d'autre part, pour pouvoir faire un diagnostic de l'écart entre ces deux ensembles de paramètres. Nous faisons l'hypothèse que l'ampleur de l'écart est relative à un travail de conceptualisation de la part de l'enseignant : il faut que le « travail prescrit » au niveau des instructions officielles concernant la construction de liens, présenté comme un concept pragmatique, soit l'objet d'une construction par l'enseignant pour que son application ne soit pas une simple mise en œuvre automatique, mais une réelle transformation de sa pratique. Autrement dit, en termes de formation des enseignants, les concepts d'inter ou d'intradisciplinarité pourraient être construits dans le cadre de situations spécifiques pour lesquelles ces concepts organisent l'action efficace de l'enseignant. Il faudra alors passer par des situations d'apprentissage réelles, naturellement complexes et interdisciplinaires, afin de favoriser l'intégration de ces concepts et de diminuer l'écart que nous aurons mis en évidence. Il s'agirait ainsi d'une conception construite pour et grâce à l'action. En

didactique professionnelle, il s'agit de la construction de contenus de formation correspondant à la situation professionnelle de référence; mais aussi l'utilisation des situations de travail comme supports pour la formation des compétences (Pastre, 2002). Faut-il donc compter seulement sur l'expérience vécue pour « apprendre » ? Les différents bilans des travaux personnels encadrés et des itinéraires croisés<sup>129</sup> qui constituent une tentative importante, certes, pour la concrétisation du concept d'interdisciplinarité, nous ont montré que les enseignants manquent d'outils pédagogiques concrets, et qu'il y a toujours une sorte d'Hégémonie (domination d'une matière sur les autres) et de Pseudo-interdisciplinarité (ignorance entre les matières) (Lenoir, Geoffroy et Hasni 2001).

Les enseignants eux-mêmes, et pendant les entretiens, ont signalé la difficulté qu'ils éprouvent à « changer » ; tellement ils se sentent angoissés par le programme à terminer. Certains ont dit : « *nous avons été prêts à expérimenter ces dispositifs pour la partie physiologie, mais nous ignorons dans quelle mesure nous pourrions l'appliquer pour les autres chapitres* ». **Ceci nous permet d'interroger l'efficacité d'une session de formation : nous pensons que l'effet d'une session de formation reste temporaire et éphémère si un suivi régulier des enseignants n'est pas assuré.** Les enseignants contraints par le temps et par le contenu du curriculum « prescrit » se sentent davantage sécurisés par les méthodes dites traditionnelles. Ils acceptent d'expérimenter un nouveau dispositif pédagogique, à condition que sa mise en application soit temporaire et n'empiète pas sur la programmation annuelle prévue. Mais malgré toutes ses contraintes, les résultats obtenus au questionnaire des enseignants, l'analyse des entretiens faits avec eux et nos visites de classe ont montré que l'enseignement de la partie « physiologie », dans les classes expérimentales « E » a été fait selon le paradigme de la complexité. Nous ne prétendons donc pas avoir « changé » les conceptions des enseignants en une vingtaine d'heures de formation, mais nous avons pu, semble-t-il, aider les enseignants à maîtriser les techniques de résolution de problèmes en mobilisant des liens entre les connaissances, en physiologie : compétence dont nous voulons tester l'efficacité sur l'évolution des conceptions des élèves. L'analyse des réponses obtenues au questionnaire des enseignants, en post-test, montre une nette évolution de la prise en main du modèle d'activités basées sur la résolution de problèmes.

---

<sup>129</sup> Travail effectué au Liban en 2003-2004, en cours d'élaboration.

Suite à la session de formation, les enseignants semblent être conscients des impacts négatifs du morcellement des connaissances. Cette prise de conscience de la théorie personnelle de l'enseignement de la biologie et des lacunes à combler est une étape fondamentale dans le franchissement d'un obstacle. La distorsion entre les projets de réforme d'une part (les projets qui préconisent le recours aux problem-solving, au travail de groupe, à l'interdisciplinarité, à la transversalité intradisciplinaire etc...), et les pratiques enseignantes d'autre part, est entre autre due à ce qui commande notre manière d'enseigner : c'est notre théorie personnelle de l'enseignement de la biologie qui provient de ce que nous connaissons et croyons concernant la biologie, son enseignement et son apprentissage, et concernant notre métier d'enseignant de biologie. Il faut commencer par prendre conscience de cette théorie personnelle, si nous voulons en changer la représentation et donc changer son enseignement. Les conceptions des enseignants en ce qui concerne leur discipline et son apprentissage, leurs conceptions d'eux-mêmes, de leur statut, sont des conceptions à prendre en considération lors de la mise en application de n'importe quel dispositif pédagogique ou de n'importe quelle innovation méthodologique. Cet «*obstacle conceptionnel* » chez l'enseignant peut induire des obstacles didactiques chez les élèves, en l'occurrence l'absence de liens entre les différents concepts abordés.

### **Conclusion concernant la formation des enseignants à la complexité**

*Avant la session de formation et d'après les objectifs que les enseignants citent dans leurs réponses et d'après les visites de classes que nous avons eu l'occasion de faire, nous avons remarqué que les enseignants semblaient ne pas consacrer suffisamment de temps aux moments de structurations cognitives. C'est pendant ces moments que l'enseignant donne l'opportunité aux élèves de faire les liens entre les différents concepts scientifiques abordés, sous la forme de schémas de synthèse ou même de questionnaires discutés en groupes, à la manière du questionnaire qui a servi pour cette recherche ou sous n'importe quelle autre forme. La transformation des **objectifs d'enseignements** (comme par exemple : relier les connaissances scientifiques pour résoudre un problème) en **objets d'enseignements** (trouver des méthodes pour apprendre aux élèves à développer cette compétence) permettrait d'optimiser la construction, par les élèves, de liens*

*entre différents concepts. L'intérêt du « concept structurant » (Rey, 1996), c'est que c'est une sorte de modélisation pour la pensée elle-même. C'est un outil qui, une fois acquis, est transférable sur plus d'un domaine cognitif ou d'un champ conceptuel : c'est le savoir-faire du savoir être.*

*Après la session de formation, les enseignants semblent être plus conscients de l'importance de l'apprentissage par résolution de problèmes (PBL) et de l'apprentissage par construction de cartes conceptuelles (ACC). Ces techniques permettant de mobiliser des liens entre les différents concepts enseignés, en l'occurrence en physiologie. Les enseignants qui ont participé à la session de formation ont expérimenté, dans leurs classes, l'enseignement de la physiologie selon le paradigme de la complexité et ils ont fait preuve d'un changement conceptuel significatif : ils ont réussi, en post-test, à mieux résoudre des problèmes et à construire des cartes conceptuelles et ils ont changé leur rapport à l'erreur.*

### **L'évaluation de l'effet de la formation sur l'évolution des conceptions des élèves**

Classiquement, les formateurs d'enseignants et les chercheurs essaient d'évaluer l'effet d'une session de formation, en analysant les conceptions des enseignants en post-test (tests, questionnaires et entretiens réalisés après la session de formation). Parallèlement à cette méthodologie classique, nous avons fait le choix délibéré d'évaluer l'effet de la formation des enseignants en analysant les productions de leurs élèves. La comparaison a été faite entre les résultats du pré-test et ceux du post-test pour chacun des échantillons « E<sup>130</sup> » et « T<sup>131</sup> ». Au niveau du **pré-test**, les pourcentages des élèves de l'échantillon « E » qui, dans le cadre de résolution de problèmes, ont mobilisé des liens entre le système digestif (tableau 4-32), le système respiratoire (tableau 4-33), le système nerveux (tableau 4-34) et les autres systèmes physiologiques sont bas mais statistiquement significatifs et supérieurs à ceux des élèves de l'échantillon « T » avant toute intervention de formation

---

<sup>130</sup> « E » échantillon expérimental. Groupe d'élèves de Seconde et de Cinquième dont les enseignants ont participé à la session de formation.

<sup>131</sup> « T » échantillon témoin. Groupe d'élèves de Seconde et de Cinquième dont les enseignants ont participé à la session de formation

de notre part. Les résultats sont aussi significatifs en ce qui concerne les questions fermées du pré-test (tableaux : 4-35, 4-36 et 4-37). Les élèves de l'échantillon « E » et au niveau du pré-test semblent mieux réussir la résolution de problèmes et la construction de liens entre les connaissances que les élèves de l'échantillon « T », mais ceci n'a pas d'effets sur nos résultats car notre comparaison, suite à la session de formation des enseignants, a été verticale : nous avons comparé les résultats du post-test des élèves de l'échantillon « E » à ceux de du pré-test du même échantillon « E » afin d'analyser une évolution quelconque de leurs conceptions. La comparaison n'a pas été directe entre les résultats des post-tests « E » et « T ».

### **Le développement de la compétence des élèves à résoudre des problèmes en mobilisant des liens entre les systèmes physiologiques**

Les enseignants de l'échantillon « E », ayant participé à la session de formation, ont accepté d'expérimenter l'enseignement de la physiologie, selon le paradigme de la complexité, dans leurs classes de Seconde et de Cinquième. Les élèves de ces enseignants ont donné au post-test des résultats statistiquement significatifs et meilleurs, au niveau des liens mobilisés, par rapport aux résultats du pré-test de ces mêmes élèves. Les élèves de l'échantillon « E » semble voir se développer la compétence : mobiliser des liens entre plusieurs systèmes physiologiques pour résoudre un problème.

### **Evolution des conceptions des élèves concernant les liens mobilisés entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur**

La comparaison des résultats (Histogramme 4-15 et tableaux : 4-41, 4-42, 4-44 et 4-45) obtenus au post-test avec ceux obtenus au pré-test pour chacun des échantillons « E » et « T », a montré une nette amélioration des conceptions des élèves de l'échantillon « E » en ce qui concerne les liens mobilisés entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur, dans le cadre d'une résolution de problème. Deux obstacles majeurs identifiés au niveau du pré-test, semblent être dépassés au post-test :

**- Dépassement de la conception de la tuyauterie digestive continue :** Le pourcentage des élèves qui ont été formés à l'apprentissage par résolution de problème, en physiologie et qui mobilisent des liens entre le système digestif, le système circulatoire et le système excréteur, est élevé et de façon statistiquement significative. Il est important de noter que les élèves de l'échantillon « E » semblent dépasser l'obstacle de la tuyauterie digestive continue, ce qui n'est pas le cas des élèves de l'échantillon « T ». Cet obstacle semble être

dépassé davantage en Cinquième - l'échantillon « E » - (25.47% des élèves de Cinquième, Histogramme 4-15) qu'en Seconde (22.86% des élèves de Seconde). Le lien digestion/circulation sanguine est davantage mobilisé par les élèves de Seconde - l'échantillon « E » - (46.67% des élèves de Seconde).

**- Meilleure prise en compte des échanges cellulaires :** Le pourcentage des élèves qui ont mobilisé des liens entre la digestion et les échanges cellulaires est plus élevé au niveau du post-test des élèves de l'échantillon « E », dont les enseignants ont participé à la session de formation.

Par contre, la conception de l'estomac-sac semble continuer à constituer un obstacle. Aucune évolution de conception significative n'a été notée, ni au niveau de l'échantillon « E » ni au niveau de l'échantillon « T ».

### **Evolution des conceptions des élèves concernant les liens mobilisés entre le système respiratoire et le système circulatoire**

La comparaison des résultats (Histogramme 4-16 et tableaux : 4-49, 4-51, 4-52) obtenus au post-test avec ceux obtenus au pré-test pour chacun des échantillons « E » et « T » a montré une nette amélioration des conceptions des élèves de l'échantillon « E » en ce qui concerne les liens mobilisés entre le système respiratoire et le système circulatoire, dans le cadre d'une résolution de problème. Deux obstacles majeurs identifiés au niveau du pré-test semblent être dépassés au post-test :

**- Dépassement de la conception « poumons=sacs » :** Les élèves de l'échantillon « E » et surtout les élèves de Cinquième semblent mieux dépasser l'obstacle du « poumon=sac ». Un grand pourcentage des élèves de Cinquième (93.4%, d'après le tableau 4-49) et en dépit de leur « âge cognitif » assez jeune, n'arrêtent plus le chemin de l'air inspiré au niveau des poumons. La conception des élèves de Seconde, pour ce type de lien, n'a pas évoluée de façon significative. Ceci montre que la mobilisation des liens ne dépend pas toujours de l'âge cognitif des élèves. Dans certains cas et dans un contexte bien déterminé, les élèves de Cinquième fonctionnent mieux que les élèves de Seconde dans le paradigme de la complexité. Ce résultat semble contredire, dans un sens, les théories Piagétienne concernant « *le système épigénétique et le développement des fonctions cognitives* ». Piaget (1967, p.34) considère que « *tout se passe donc comme si, plus les systèmes cognitifs sont complexes en leurs systèmes d'organisation et d'autorégulations et plus leur*

*formation relève d'un processus séquentiel comparable à celui d'une épigenèse biologique. »*

**- Meilleure prise en compte des échanges cellulaires :** Les élèves de l'échantillon « E » aussi bien en Seconde (35.24% des élèves, tableau 4-51) qu'en Cinquième (31.13% des élèves), semblent prendre en considération les échanges cellulaires en évoquant le système respiratoire. Notre objectif d'aider les élèves, à travers la formation de leurs enseignants, à être conscients des échanges gazeux cellulaires (respiration cellulaire sur une échelle microscopique) semble être atteint (même si les pourcentages restent relativement en deçà de nos aspirations).

**- Meilleure prise en compte de la circulation sanguine :** Les élèves de l'échantillon « E » semblent mobiliser des liens entre le système respiratoire la cellule et la circulation sanguine, au post-test (17.92% des élèves de Cinquième et 23.81% des élèves de Seconde, tableau 4-52). Par contre, aucune évolution dans ce sens, n'a été enregistrée chez les élèves de l'échantillon « T ». Pourtant, ce type de lien est prévu au niveau du curriculum français. Sa transposition dans les manuels scolaires a été identifiée dans le manuel scolaire adopté<sup>132</sup>. Nous pensons que les enseignants consacrent peu de temps aux « moments de structurations cognitives » nécessaires à la construction de ce type de liens.

### **Evolution des conceptions des élèves concernant les liens mobilisés entre le système nerveux, système respiratoire et le système circulatoire**

La comparaison des résultats (Histogramme 4-17 et tableaux : 4-55, 4-56, 4-57, 4-58) obtenus au post-test avec ceux obtenus au pré-test pour chacun des échantillons « E » et « T » a montré une amélioration des conceptions des élèves de l'échantillon « E » en ce qui concerne les liens mobilisés entre le système nerveux et les systèmes respiratoire et circulatoire, dans le cadre d'une résolution de problème. Cependant, l'obstacle des liens mobilisés entre le système digestif et le système nerveux semblent persister. Deux obstacles majeurs identifiés au niveau du pré-test semblent être dépassés au post-test :

**- Meilleure mobilisation de liens entre le système nerveux et le système circulatoire :** Les élèves de l'échantillon « E » et notamment en Seconde (78.10% des élèves de Seconde,

---

<sup>132</sup> Il s'agit de Bordas, édition 2000. Nous nous sommes référé à l'analyse de cette édition qui est adoptée dans toutes les écoles de notre échantillon.

Histogramme 4-17) mobilisent des liens, dans le cadre de résolution de problème, entre le système nerveux et le système circulatoire, au post-test.

- **Meilleure mobilisation de liens entre le système nerveux et le système respiratoire:** Les élèves de l'échantillon « E » aussi bien en Seconde (61.9% des élèves, Histogramme 4-17) qu'en Cinquième (42.45% des élèves) mobilisent des liens, dans le cadre de résolution de problème, entre le système nerveux et le système respiratoire, au post-test.

Par contre, les conceptions concernant les liens mobilisés entre **le système nerveux et le système digestif** continuent à constituer un obstacle : 0% des élèves de Seconde et de Cinquième ont mobilisé ce type de liens (tableau 4-59). Nous émettons deux hypothèses pour expliquer ce résultat :

- soit que les enseignants (même après formation) ont négligé la construction de ce type de liens par leurs élèves, en classe,
- Soit que la situation-problème proposée ne prête pas facilement à la mobilisation de ce type de lien (lien peur/métabolisme cellulaire/digestion). Cette deuxième hypothèse nous paraît plus probable, puisqu'il s'agit de ce que nous qualifions de **liens par ricochets** ou **liens en réseaux** (liens qui nécessitent la mobilisation d'un nombre important de concepts reliés indirectement).

L'enseignement du système nerveux semble être fait selon le paradigme de la simplification. Selon Abou Tayeh 2003, l'absence de mobilisation des notions relatives aux neurones, synapses et réseaux, dans des situations quotidiennes, provient de l'absence de l'épigenèse cérébrale dans les programmes d'enseignement de la Biologie au Lycée et à l'Université : les étudiants et enseignants interrogés n'ont pas appris comment les neurones et les synapses configurent de nouveaux réseaux neuronaux qui deviendront les supports cérébraux de nos apprentissages, de notre pensée et de nos comportements.

### **Conclusion**

L'introduction du paradigme de la complexité dans l'enseignement de la physiologie aurait un effet positif sur la construction de liens entre les différents concepts enseignés. Les élèves de l'échantillon « E », formés à la résolution de problèmes, semblent réussir ce type d'exercice. **Mais cette affirmation reste valable dans un contexte et dans un milieu bien déterminé, en l'occurrence chez les élèves de Seconde et de Cinquième,**

**pour l'enseignement de la physiologie.** Ce qui est intéressant à relever est que cette compétence pourrait être développée à des âges relativement bas : les élèves de Cinquième réussissent parfois à intégrer les informations et développer cette compétence mieux que les élèves de Seconde.

Le savoir scientifique que l'école devrait permettre d'acquérir ne peut se réduire à une accumulation d'informations ou de résultats scientifiques. Savoir, disent Giordan et De Vecchi (1987, p.5), « *c'est d'abord être capable d'utiliser ce qu'on a appris, de le mobiliser pour résoudre un problème ou clarifier une situation* ». Popper (1971) indique que la science commence par des problèmes et Bachelard (1938, p.14) note que « *pour un esprit scientifique toute connaissance est une réponse à une question* ». **Si nous insistons autant sur l'importance de l'apprentissage par résolution de problèmes, ce n'est pas seulement parce que, selon nous, ce type de pédagogie permet une meilleure mobilisation de liens entre les connaissances, mais c'est parce que, dans la vie concrète et réelle, nous sommes surtout amenés à prendre, à tout moment, une série de décisions pour résoudre des problèmes et c'est une compétence assez marginalisée dans le cadre des enseignements « classiques ».** Selon Lehmann (1997, p. 156) : « *on observe trop souvent de jeunes ingénieurs, remarquablement compétents sur le plan technique, mais si ignorants des problèmes réels de gestion des hommes et de la réalité des prises de décisions qui leur incomberont (...) on sait à quelles catastrophes peuvent aboutir de telles attitudes* ».

Selon Vergnaud (1990), une connaissance ne semble être mieux acquise et ne devient donc réellement opérationnelle que si elle fait appel à d'autres connaissances dans le raisonnement et la résolution d'un problème. « *Une dérive fréquente dans l'enseignement des sciences est de proposer des exercices et des problèmes artificiels, décontextualisés et déconnectés de la vie courante même en biologie* », Demounen & Astolfi (1996). Il s'agit donc de former les élèves à la résolution de problèmes et surtout à la mobilisation de liens entre leurs connaissances, pour qu'ils arrivent à trouver des solutions adéquates aux problèmes posés.

### **L'évolution des conceptions des élèves concernant les liens construits entre les systèmes physiologiques**

Les élèves de l'échantillon « E » dont les enseignants ont participé à la session de formation ont donné au post-test des résultats statistiquement significatifs et meilleurs, au

niveau des liens mobilisés, par rapport aux résultats du pré-test de ces mêmes élèves. Cette compétence à relier les connaissances semble être étroitement dépendante du contexte : les résultats sont divergents en fonction des niveaux de la classe (Seconde/Cinquième) et du système considéré (Système circulatoire ou système nerveux etc.)

### **Les liens mobilisés en fonction du système physiologique considéré**

L'évolution des conceptions des élèves concernant les liens mobilisés entre les systèmes physiologiques a été statistiquement significative chez les élèves de l'échantillon « E » au post-test, au niveau des systèmes physiologiques suivants :

- liens mobilisés entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques (tableau 4-62).
- liens mobilisés entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques (tableau 4-64).
- liens mobilisés entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques (tableau 4-66).
- liens mobilisés entre le système excréteur et les autres systèmes physiologiques (tableau 4-68).

Cependant, cette évolution de conception semble concerner les systèmes physiologiques dans l'ordre décroissant suivant : les liens mobilisés entre le système circulatoire<sup>133</sup> et les autres systèmes physiologique (5,71% des élèves au pré-test et 10,90% des élèves au post-test, soit une évolution de 5,19%), suivis des liens mobilisés entre le système respiratoire<sup>134</sup> et les autres systèmes physiologiques (16,17% des élèves au pré-test et 20,89% des élèves au post-test, soit une évolution de 4,72%), suivis des liens mobilisés entre le système nerveux<sup>135</sup> et les autres systèmes physiologiques (0% des élèves au pré-test et 3,33% des élèves au post-test, soit une évolution de 3,33%) et finalement entre le système excréteur<sup>136</sup> et les autres systèmes physiologiques ( 4,75% des élèves au pré-test et 6,62% des élèves au post-test, soit une évolution de 1,87%). L'ordre de l'évolution des liens mobilisés est donc : système circulatoire → système respiratoire → système nerveux → système excréteur.

---

<sup>133</sup> La moyenne des pourcentages est faite d'après l'histogramme 4-20.

<sup>134</sup> La moyenne des pourcentages est faite d'après l'histogramme 4-19.

<sup>135</sup> La moyenne des pourcentages est faite d'après l'histogramme 4-21.

<sup>136</sup> La moyenne des pourcentages est faite d'après l'histogramme 4-22.

Par ailleurs et malgré les différences non significatives statistiquement, le pourcentage des élèves de l'échantillon « E » qui ont mobilisé des liens entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques est plus élevé au niveau du post-test (tableau 4-60).

Ces résultats montrent que si la session de formation, et par là même l'apprentissage de la physiologie selon le paradigme de la complexité, aide les élèves à mobiliser des liens entre les connaissances, cette compétence n'est pas indépendante du concept enseigné. Les conceptions des élèves n'ont pas évolué de la même manière au niveau de tous les systèmes analysés. La plus grande difficulté semble exister au niveau des liens mobilisés entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques. Le système excréteur continue à constituer une « boîte noire » inconnue pour les élèves. Ceci est largement dû à la marginalisation de l'enseignement de ce système qui figure très peu au niveau du curriculum officiel.

### **Les liens mobilisés en fonction du niveau académique considéré**

L'évolution des conceptions des élèves concernant les liens mobilisés entre les systèmes physiologiques varie aussi en fonction du niveau académique, mais pas nécessairement dans une logique croissante Cinquième - Seconde :

Les plus grands changements au post-test de l'échantillon « E » ont été notés en Cinquième, d'abord au niveau des liens mobilisés entre le système circulatoire et les autres systèmes physiologiques (évolution de 9,44% en Cinquième versus 0,94% en Seconde, calcul fait d'après l'histogramme 4-20), ensuite entre le système respiratoire et les autres systèmes physiologiques (évolution de 8,49% en Cinquième versus 0,95% en Seconde, calcul fait d'après l'histogramme 4-19), et enfin entre le système excréteur et les autres systèmes physiologiques (évolution de 7,55% en Cinquième versus une régression en Seconde de 3,81% d'après l'histogramme 4-22 !)

En ce qui concerne les liens mobilisés entre le système digestif et les autres systèmes physiologiques, même si le résultat n'est pas significatif sur le plan statistique, il serait important de signaler l'évolution des conceptions des élèves en Cinquième (3,77% au post-test) par rapport à celles de la Seconde (2,85%, d'après le tableau 4-60).

Ces résultats montrent que l'enseignement de la physiologie selon le paradigme de la complexité est accessible aux élèves de Cinquième aussi. La prise en considération des

liens entre les différents concepts enseignés ne constitue pas une difficulté aux élèves de Cinquième. Bien au contraire, ces élèves, et au niveau de plusieurs concepts, arrivent à mobiliser plus de liens que les élèves de Seconde.

Quant aux liens mobilisés entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques, une évolution significative a été notée en Seconde et non en Cinquième (6,67% des élèves en Seconde versus 0% en Cinquième, d'après l'histogramme 4-21). Les élèves de Cinquième semblent continuer à trouver des difficultés à relier le système nerveux aux autres viscères, et même si une évolution a été notée en Seconde, le pourcentage obtenu reste bas. L'enseignement du système nerveux souvent focalisé sur la conception « cerveau=chef de commande et système nerveux= responsable des actes réflexes » comme il a été démontré dans de nombreuses recherches en didactique de la biologie (Bec & Favre, 1996 ; Abou Tayeh, 2003, Clément et al. 1980 ; Clément 1997 ; Vidal 2001). Le système nerveux, et notamment le cerveau, « *est conçu comme placé à la commande du corps, et des comportements sans être en retour modelé par eux, ceci dénote une conception de déterminisme linéaire : cerveau → comportement* » (Abou Tayeh 2003, p. 319).

### **Conclusion**

L'introduction du paradigme de la complexité dans l'enseignement de la physiologie semble avoir un effet positif sur la construction de liens entre les différents concepts enseignés, aussi bien quand il s'agit de résolution de problèmes que quand il s'agit de questions fermées. Les élèves de l'échantillon « E », et notamment les élèves de Cinquième, mobilisent des liens entre plusieurs systèmes physiologiques au post-test. Ceci semble contredire les théories qui considèrent que la complexité devrait nécessairement respecter l'âge cognitif des élèves. Il ne s'agit pas de faire abstraction des théories de Piaget (1967) mais de montrer l'importance de leur contextualisation et de leurs limites. D'ailleurs, au niveau de l'analyse des résultats obtenus aux liens mobilisés entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques, ce sont les élèves de Seconde qui ont surtout évolué au post-test par rapport aux élèves de Cinquième.

Les élèves de l'échantillon « E » arrivent donc à mobiliser des types de liens que nous avons qualifiés de **liens en ricochets** ou **liens en réseaux**. Ce type de liens permet aux élèves d'avoir une vue plus globale du corps dont les systèmes physiologiques sont

interconnectés et inter-reliés. Ceci permettrait de pallier le morcellement des connaissances entre les systèmes physiologiques, même si ce cloisonnement est parfois important pour l'acquisition des détails concernant tel ou tel système. Bien que travaillant beaucoup plus lentement que l'ordinateur, le cerveau humain possède une capacité d'analyse globale, de capitalisation de l'expérience, de prise en compte d'éléments psychologiques, que l'ordinateur ne sait pas encore reproduire. Donc, si l'enseignement de la physiologie ne prend pas en compte cette complexité, nous serions en train d'aller à l'encontre du mode de fonctionnement du cerveau lui-même : *« nous possédons au moins un milliard de neurones et environ 10.000 synapses par neurone, chacune réalisant une connexion avec un autre neurone ; cela signifie qu'il y a un nombre énorme d'interconnexions, et que l'activité d'un seul neurone interfère – ou peut interférer- avec un très grand nombre d'autres neurones (...) c'est grâce à ces interconnexions que l'on apprend à donner du sens »* (Favre & Favre, 2000b, p.62). Cependant, le cerveau humain n'est pas seulement un cerveau « cognitif », c'est également un cerveau « affectif ». L'introduction de la dimension affective nous a amené à travailler en formation sur la représentation de l'erreur chez les enseignants et à la décontaminer de la notion de « faute » qui constitue un frein de l'apprentissage, puisque chacun aura développé une peur artificielle créée par les dispositifs pédagogiques comme le « contrôle » continu : la peur de faire des erreurs. Les conceptions des élèves dont les enseignants ont participé à la session de formation semblent être modifiées aussi sur un autre niveau d'autant plus que leur rapport à l'erreur a changé.

## **La place de l'erreur dans l'apprentissage**

Dans le cadre de la session de formation des enseignants, l'accent a été mis sur l'importance de l'exploitation de l'erreur pour une meilleure analyse des conceptions des élèves. Il s'agit surtout du passage d'une représentation qui associe l'erreur à une « faute nécessairement culpabilisante » qui affaiblit l'élève et le décourage, à une représentation qui associe l'erreur à une *« logique de régulation indispensable à la période d'apprentissage car, attribuant à l'erreur un statut d'information, de résultat d'une démarche ou d'un processus cognitif, elle fournit à l'apprenant des renseignements qui vont lui permettre de franchir d'éventuelles difficultés et ainsi de progresser vers l'acquisition des compétences attendues. »* (Favre, 2004). Dans la formation des enseignants, une part importante est consacrée à « décontaminer l'erreur de la faute », selon l'expression de Favre, c'est l'occasion de prendre conscience comment notre culture

véhicule une représentation de l'erreur associée au mal et au malsain qui bien souvent est inhibiteur de l'apprentissage, car apprendre c'est prendre le risque de faire des erreurs et donc d'apparaître à ses propres yeux et pour les autres comme quelqu'un de « mauvais ». Les « grosses fautes », les « fautes impardonnables », les « bons » et les « mauvais » élèves sont des termes qui renvoient à cette représentation de l'erreur contaminée par le registre du Bien et du Mal alors qu'en soit, l'erreur n'est qu'une information produite suite à un apprentissage et dont la prise en compte consciente permet un apprentissage.

### **Le nouveau rapport entretenu au concept de l'erreur par les enseignants**

Au cours de la session de formation, et dans le but d'identifier les conceptions des enseignants concernant le concept de l'erreur, la question suivante leur a été proposée<sup>137</sup> : « *Imaginez que vous prenez conscience d'avoir fait une erreur, caractérisez en un mot le sentiment ou l'émotion que vous éprouvez* », le but final étant d'analyser le rapport que ces enseignants entretiennent avec l'erreur. Suite à des entretiens faits avec les enseignants, nous avons voulu aussi savoir quelle place accordent-ils à l'erreur dans leurs enseignements. Les résultats obtenus (tableau 4-28) ont montré que 93% des enseignants de l'échantillon testé relient l'erreur à un sentiment négatif qui inhibe l'action versus 7% des enseignants seulement qui relient l'erreur à des mots qui traduisent des sentiments et des émotions qui débouchent sur l'action. Ce résultat rejoint celui de Favre (2004) qui affirme que « *depuis maintenant vingt ans, ce type d'enquête réalisée auprès de divers publics : enseignants-stagiaires du premier et du deuxième degré, enseignants du secondaire, universitaires, formateurs d'enseignants a permis de collecter plusieurs milliers de réponses et montre que le pourcentage de mots qui traduisent une émotion ou un sentiment débouche sur l'action reste faible, de l'ordre de 10%, et surtout constant. Cette constance recoupe les résultats canadiens* ». Des entretiens faits avec les enseignants, au début de la session de formation, ont montré qu'ils accordent peu de temps à l'exploitation des erreurs de leurs élèves, en classe. Ceci est dû, selon eux, aux contraintes suivantes « *programme scolaire à achever, intimidation des élèves qui se sentent concernés par certaines **fautes** qu'ils auraient **commises**, manque d'utilité d'un tel exercice surtout qu'il y a des choses très importantes à faire, etc.* ». Ces réponses traduisent, encore une fois que les enseignants fonctionnent souvent selon une pédagogie qui associe l'erreur à un sentiment négatif et culpabilisant, et ils consacrent peu de temps à exploiter l'information fournie par l'erreur pour se fixer des objectifs d'apprentissage « sur mesure » et contextualisés, en termes de remédiations.

---

<sup>137</sup> Question proposée dans les travaux de Favre 1999.

L'un des objectifs principaux de la session de formation était de faire évoluer les représentations des enseignants du pôle de la « conception symptomatique de la faute » selon laquelle la faute arrête l'action, constitue un vide que l'enseignant comble en corrigeant, induit une stratégie de remédiation uniforme et elle est dépistée par l'enseignant lui-même, à celui de la « conception formative de l'erreur » selon laquelle l'erreur est consubstantielle à l'acte de connaître, l'erreur informelle, dépend de la logique du sujet, est positive et analysable et appelle une réflexion du praticien sur sa démarche<sup>138</sup>. Suite à la session de formation, les enseignants de l'échantillon « E » ont été très motivés pour expérimenter des outils permettant une meilleure exploitation des erreurs en classe (photocopies de certaines erreurs intéressantes sur transparents et discussions collectives, entretiens avec les élèves pour analyser certaines erreurs, mise en place de fiches personnalisées etc.). Selon Astolfi (1997, p.102) : « *la professionnalisation du métier d'enseignants passe par une analyse des erreurs exempte d'application mécanique de règles ou d'exigences (...) les modes de traitement des erreurs sont avant tout révélateurs du type de rapport que les enseignants entretiennent eux-mêmes avec les savoirs qu'ils professent, et les élèves ont une extrême sensibilité intuitive à ce sujet* ».

### **Le nouveau rapport entretenu au concept de l'erreur par les élèves**

Les mêmes élèves (notamment les élèves de Cinquième) qui ont proposé plus de mots attendus au post-test (donc qui ont mobilisé des liens entre les connaissances, ont proposé plus de mots non-attendus (donc des erreurs). Ce résultat (tableaux : 4-61, 4-63, 4-69) qui est à première vue bizarre ou contradictoire témoigne d'un changement conceptuel important : **ce sont les élèves qui réussissent le mieux et qui arrivent à mobiliser des liens entre les connaissances en résolvant des problèmes non routiniers sont ceux qui osent le plus, faire des erreurs**. Les élèves, aussi bien que les enseignants de l'échantillon « E », entretiennent un nouveau rapport à l'erreur. Tout se passe comme si l'erreur « moins culpabilisante » est plus facilement mobilisée par des élèves qui, paradoxalement, mobilisent plus de liens entre les connaissances. Ce résultat rejoint une étude de l'OCDE<sup>139</sup> (décembre 2001) qui avait soumis les élèves à une série de questions pour

---

<sup>138</sup> D'après le cours de Pierre Breysse (2002), DEA, Lyon.

<sup>139</sup> Organisation de coopération et de développement économiques.

<http://www.gauches.net/article440.html>

évaluer leurs compétences. D'après cette étude, les élèves français craignent beaucoup plus que leurs camarades des autres pays de donner une réponse fautive et préfèrent s'abstenir plutôt que de prendre le risque de se tromper. **Les élèves de l'échantillon « E » semblent oser prendre des risques et des initiatives et c'est peut-être ainsi qu'ils arrivent à avoir des décisions adéquates et à trouver les « bonnes réponses »**. N'est-ce pas là l'une des compétences importantes à faire développer dans le cadre de la formation que nous assurons à nos élèves ?

La même étude de l'OCDE montre que notre système incite aux attitudes conformistes : *« les résultats français sont supérieurs à la moyenne de l'OCDE lorsqu'il s'agit d'exercices purement scolaires, mais cela n'est pas le cas lorsque la situation nécessite une prise d'initiatives »*, constatait alors la Direction de la Programmation et du Développement (DPD) du Ministère de l'Éducation. Oser prendre des initiatives, courir des risques, faire des erreurs et savoir résoudre des problèmes sont des compétences qui semblent aller de pair : l'apprentissage par résolution de problème implique des hésitations, des recherches, des aller-retours et donc la prise de risque. Il s'agit d'errer (de faire des erreurs) afin de trouver la réponse attendue. D'après Favre (2004), la recherche en didactique a montré des liens entre des situations bien repérées où l'on peut résoudre des problèmes, expérimenter et tâtonner, bref faire des erreurs sans risque d'être affaibli, et l'acquisition réelle de concepts et la capacité de les mobiliser pour résoudre des problèmes non routiniers (comme ne s'en privent pas d'ailleurs beaucoup de jeunes quand ils sont seuls avec leur ordinateur). L'auteur ajoute que *« quand l'apprenant sait résoudre le problème, il se restabilise, il devient moins vulnérable, le contrôle par l'enseignant est possible, car le risque de démotiver l'apprenant par rapport aux apprentissages est plus faible. Par la suite, après la phase d'euphorie liée au fait qu'une épreuve a été surmontée, on peut oublier que l'on sait résoudre tel ou tel problème mais **la confiance en soi s'est développée et l'accumulation des réussites aux apprentissages nourrit la sécurité de base des élèves**. Quand se présentera à nouveau une situation déstabilisante, cette sécurité acquise permettra à l'élève de se représenter l'apprentissage comme moins redoutable. Le souvenir d'avoir réussi à franchir de telles épreuves invitera à s'y risquer de nouveau avec la possibilité de ressentir le plaisir particulier que l'on éprouve en faisant des choses difficiles au début (...) Cependant, l'efficacité de l'espace réservé à l'apprentissage va dépendre de la relation affective que l'apprenant va entretenir avec ses erreurs et, par conséquent, avec ses savoirs »*. Ce nouveau rapport à l'erreur « non culpabilisante » est le moteur du développement d'une compétence chez les élèves, celle de la résolution de

problèmes : savoir résoudre des problèmes c'est oser faire des erreurs pour réguler, modifier et orienter son action dans le but d'obtenir un résultat plus adéquat et plus approprié à la situation, avec tout ce que cette démarche génère de complexité et choix à faire. Selon Leplat & Pailhous (1974, p.729) « *il n'y a d'erreur que s'il y a possibilité de choix et s'il existe des critères de distinction de ces choix* ». Il n'y a plus ici d'appel à un référentiel externe à l'élève. Il s'agit d'erreurs dans les procédures, les démarches ou les stratégies qu'il met en oeuvre pour effectuer la tâche prescrite. Devant celle-ci, l'élève dispose d'un ensemble de possibles. Il va se piloter à l'aide de choix, de retours, de tests, intégrant au fur et à mesure de son activité la représentation du but, l'actualisant sans cesse jusqu'au produit.

L'apprentissage par résolution de problème qui implique l'exploitation des erreurs selon une logique de régulation s'inscrit dans la logique de la complexité : la boucle de régulation (les hésitations et les aller-retour), le principe dialogique (réponse attendue/ réponse non attendue ou erreur), le principe hologrammique (l'impossibilité d'avoir une vue globale sans le tâtonnement et les erreurs). Cette complexité est au cœur même de tout apprentissage. Il s'agit donc de passer d'un statut de l'erreur dans l'apprentissage conçu selon le paradigme de la simplification et de l'interdit (c'est la longue liste dans les règlements intérieurs de ce que les élèves ne doivent pas faire), à un paradigme basé sur la communication, la valorisation des connaissances et des compétences, des échanges et de l'implication dans la vie collective.

Certaines erreurs retrouvées dans les réponses des élèves des deux échantillons « E » et « T » ont été qualifiées de « bizarres ». Citons à titre d'exemple les élèves qui relient l'eau ingérée aux poumons, le foie aux facteurs psycho-affectifs, l'air qui passe dans le sang, des schémas montrant les cœurs droit et gauches ouverts etc. D'après Nedjel-Hammou, (1990 p.178), la question pertinente serait « *d'interroger les obstacles rencontrés dans la maîtrise d'un concept donné pour savoir s'ils sont franchissables et auquel cas s'ils peuvent inspirer les procédures d'apprentissage* ». L'enseignant peut donc profiter des erreurs identifiées chez ses élèves pour se fixer des objectifs-obstacles<sup>140</sup>. Suite à l'analyse de ces erreurs, l'enseignant peut, en cours d'apprentissage, mettre en place des dispositifs pédagogiques adéquats pour aider les élèves à franchir l'obstacle identifié. Si l'obstacle

---

<sup>140</sup> objectif-obstacle : concept introduit en pédagogie par Martinand (1986). L'auteur insiste sur le fait que si les obstacles ont une signification profonde par rapport aux apprentissages à réussir, ce sont bien eux qu'il faut mettre au centre pour définir les véritables objectifs (...) autre chose est de faire du franchissement d'un obstacle l'objectif vraiment recherché. Dans la mesure, dit-il, où ces obstacles ont une signification épistémologique profonde, ils fournissent la clé pour formuler les buts les plus essentiels de l'éducation.

n'est pas franchi, l'enseignant peut reconsidérer son analyse et sa stratégie : l'erreur apporte donc de l'information aussi bien au niveau des conceptions des élèves qu'au niveau de la stratégie pédagogique adoptée par l'enseignant. D'où le schéma suivant :

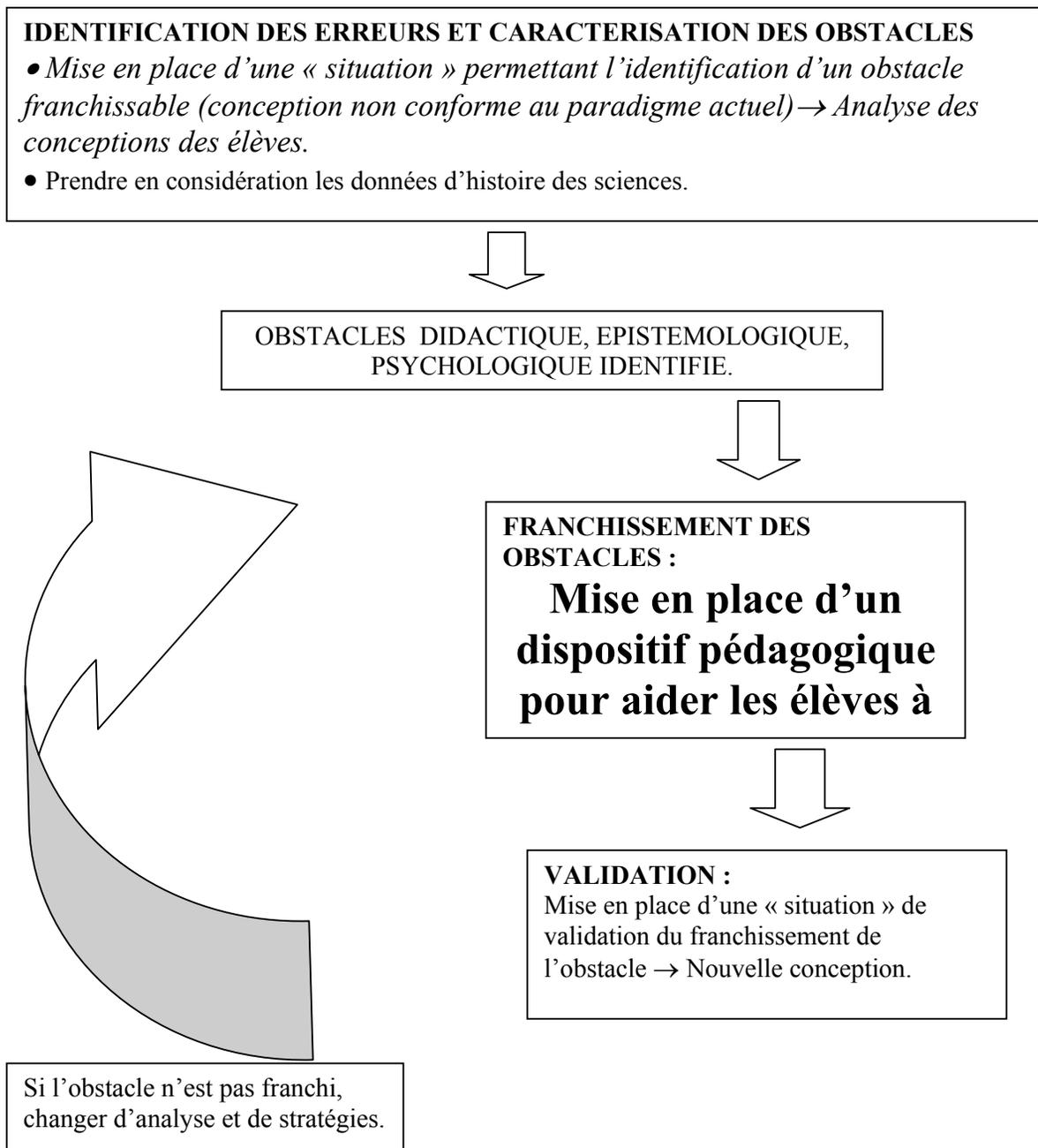


Figure 0-1 : Exploitation de l'erreur dans la détermination d'un objectif obstacle en tant que possibilité de remédiations

Ceci nous a poussé à établir un lien entre les erreurs et d'autres obstacles d'apprentissages longuement discutés, dans le cadre de cette recherche (tuyauterie digestive continue, tuyauterie respiratoire continue etc.) et les difficultés rencontrées par les scientifiques au cours de l'histoire des sciences.

## **Le lien existant entre les erreurs connues en histoire des sciences et les obstacles didactiques**

L'analyse des conceptions des élèves, à partir des réponses obtenues aux questionnaires, permet d'identifier des difficultés et des erreurs que nous pouvons qualifier d'obstacles d'apprentissages qui rappellent des obstacles épistémologiques<sup>141</sup> rencontrés par les chercheurs lors de la construction du « savoir savant ». **Il s'agit donc de questionner des relations existant entre la construction historique et la construction personnelle des connaissances, en l'occurrence en physiologie.** Cette recherche de relation conduit à un modèle dérivé de la loi biogénétique fondamentale d'Ernst Haeckel selon laquelle « l'ontogenèse du développement mental récapitule la phylogenèse des connaissances » (Raichvarg, 1987). Selon Raichvarg, « *que le développement mental et l'élaboration des concepts soient unifiés, rapprochés, cela ne peut guère nous surprendre. Tous deux sont en effet liés à l'idée d'un progrès, d'une évolution dans le temps* ». Nous essayons donc de trouver des explications éventuelles à un certain nombre de questions d'ordre didactique, à travers une perspective historique. L'hypothèse sous-jacente est la suivante : si les enseignants sont conscients des obstacles rencontrés par les chercheurs, ils pourraient interpréter certaines erreurs identifiées chez leurs élèves (ou même les anticiper, dans certains cas) et les aider à les analyser pour les dépasser.

*« Sans tomber dans le piège de la récapitulation répondant sans doute à une conception préformiste de la genèse des savoirs, la confrontation de données historiques aux représentations des élèves est certainement une aide dans la mesure où elle favorise une prise de conscience de la nécessité d'une élaboration des connaissances. »* (Ducros 1989, p.140). L'histoire des sciences est donc pour nous un référent. Il ne s'agit pas de basculer dans le travail d'un historien des sciences. Nous présentons simplement quelques exemples puisés de l'histoire des sciences pour illustrer un lien éventuel entre l'histoire des sciences et l'analyse des erreurs identifiées chez nos élèves. Le tableau ci-dessous en présente quelques exemples, à titre indicatif.

---

<sup>141</sup> La didactique des sciences emprunte beaucoup à l'épistémologie Bachelardienne. Bachelard (1938, p.17) affirme que « *la notion d'obstacle épistémologique pouvait être étudiée dans le développement historique de la pensée scientifique et dans la pratique de l'éducation* ».

|  |  |
|--|--|
| <p>Histoire des sciences :<br/>conceptions inférées selon les époques</p>  | <p>Obstacles épistémologiques :<br/>conceptions des élèves en physiologie, en 2002-2003.</p>   |
| <p>L’Egypte et la Mésopotamie</p> <p>- Si les embaumeurs avaient de bonnes connaissances en anatomie, les médecins égyptiens n’avaient que des notions rudimentaires de physiologie. Pour eux, le corps était parcouru par un système de conduits, les méatus, l’air pénétrait par le nez et les oreilles, pour gagner le cœur, l’atry et ces canaux convergeaient à leur tour vers l’anus. Le papyrus Ebers (1550 avant J.C) précise que le corps est sillonné par un réseau de « tuyaux » et il en trace l’anatomie sommaire : ils correspondent aussi bien au système vasculaire qu’aux voies respiratoires, urinaires et digestives. Par ces tuyaux circulent diverses substances (sang, air, aliment, sperme) et le souffle de la vie et de la mort.</p> <p>- Pour les Mésopotamiens (entre 10000 et 5000 avant J.C) : le foie est l’organe le plus important. Il est le siège de la vie et des émotions.</p> | <p>Les liens les plus mobilisés par les élèves sont des liens concernant les éléments anatomiques des systèmes physiologiques analysés.</p> <p>Un très grand nombre d’élèves conçoivent les systèmes physiologiques selon le modèle de la tuyauterie. Pour ces élèves et même pour certains enseignants, le tube digestif et le tube respiratoire sont des tuyaux étanches :<br/>tuyauterie continue digestive.<br/>Tuyauterie continue respiratoire.</p> <p>Lien mobilisé par certains élèves entre foie et facteurs psycho-affectifs. (expression arabe : mon foie pour désigner mon amour).</p> |
| <p>La Grèce</p> <p>Pour Hippocrate (460-370 avant J.C) :<br/>La chaleur corporelle, nécessaire à la vie, provient de l’air ambiant (pneuma) qui se mélange avec le sang et est véhiculé par les vaisseaux sanguins.<br/>la digestion est considérée comme une « coction » des aliments, une sorte de cuisson produite dans l’estomac sous l’action de la chaleur animale. Cette coction rend une substance plus parfaite et permet son incorporation dans le corps.</p> <p>- Pour Aristote (384-322 avant J.C) :<br/>le cœur est le siège de toutes les sensations et le cerveau sert à refroidir le sang.</p> <p>-la chaleur vitale sert à « cuire » les aliments, à les transformer et à les mouvoir à travers le corps. Cette cuisson ou « coction » leur donne</p>   | <p>- Lien mobilisé par les élèves entre l’air et le sang. Des schémas aberrants qui font passer l’air inspiré dans le cœur.</p> <p>- Pour certains élèves, seuls les « bons » aliments passent dans le sang.<br/>- Pour beaucoup d’élèves l’absorption a lieu au niveau de l’estomac.</p> <p>- Liens mobilisés par les élèves entre le cœur et les facteurs psychoaffectifs (conceptions sociales très ancrées à ce niveau là : lien cœur/amour). D’autres liens mobilisés sont entre le cœur et la réflexion (d’où l’expression retenir par cœur).</p>  |

|   |  |
|---|--|
| <p>forme en tant que matière qui constitue le corps.</p> <p>- A la fin du premier siècle de l'ère chrétienne, l'Arrétée de Cappadoce donne le nom de diabète (du grec diabêtês : qui traverse) à une maladie caractérisée par une émission d'urine telle que « l'eau semble traverser le corps du malade sans s'arrêter ». Il décrit que cette affection comme « une étrange maladie au cours de laquelle la chair et les os s'évacuent par l'urine ».</p> <p>- Des diverses digestions qu'il imagine, Van Helmont (1577-1644) développe surtout la digestion au niveau de l'estomac. Le ferment digestif stomacal est le principal ferment pour Van Helmont.</p> | <p>- Un très grand nombre d'élèves conçoivent les systèmes physiologiques selon le modèle de la tuyauterie continue.</p> <p>- Un grand nombre d'élèves décrivent une digestion qui s'arrête à l'estomac : obstacle de « l'estomac-sac ».</p> |
| <p>L'Inde</p> <p>La nourriture absorbée par la bouche est brûlée par le feu de l'estomac puis transformée en sang, graisse, moelle osseuse et sperme.</p>   | <p>Un grand nombre d'élèves décrivent une digestion qui s'arrête à l'estomac : obstacle de « l'estomac-sac ».</p>  |
| <p>Rome et l'Empire romain</p> <p>Galien (129-200 après J.C) affirme l'existence de pores dans la paroi interventriculaire du cœur, faisant communiquer directement cœur droit et cœur gauche. Pour justifier l'existence de ces pores, il invente un mode de circulation du sang complètement fantaisiste.</p>   | <p>Des schémas d'élèves montrent une communication entre cœur droit et cœur gauche.</p>  |
| <p>XVII<sup>ème</sup> et XVIII<sup>ème</sup> siècles</p> <p>William Harvey (1578-1657) : a montré que le sang veineux est converti en sang artériel en passant par les poumons, mais il n'a pu l'expliquer. Pour lui l'expiration servait à « ventiler et purifier le sang ».</p>   | <p>Pour certains élèves, l'air entre dans le sang</p>  |
| <p>XIX<sup>ème</sup> siècle</p> <p>Matthias Schleiden (1804-1881) affirme que « tout organisme végétal est constitué d'une communauté de cellules », ces petites structures élémentaires vues par Robert Hooke au XVII<sup>ème</sup> siècle. Toutefois, il croyait à tort que les cellules se formaient librement et de façon indépendantes à partir de la matière inorganisée.</p>   | <p>Absence de liens mobilisés au niveau des échanges cellulaires.</p>  |

|   |   |
|---|---|
| Pour Anaxagore (V <sup>ème</sup> siècle avant notre ère) : la nourriture contiendrait des parties génératrices de sang, de nerfs et d'os. | Plusieurs élèves ont mobilisé des liens que nous avons qualifiés de bizarres entre la nature des aliments, le sang et le système nerveux. |
|---|---|

De façon générale, l'analyse de l'évolution des conceptions à travers l'histoire de la physiologie montre qu'il a fallu des siècles pour passer de la conception de la digestion mécanique à celle de la digestion chimique, de la connaissance de l'anatomie à celle des processus physiologiques, de la conception de la respiration mécanique aux échanges cellulaires, à l'oxydation des nutriments et à la dimension énergétique etc. C'est à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle que le précis de physiologie de Vander et Sherman note que « la fonction du système digestif consiste à transporter les molécules organiques, des sels et de l'eau, du milieu extérieur au milieu intérieur où ces éléments peuvent être distribués aux cellules, par le système circulatoire ». (Sauvageot-Skibine, 1991, p.98) C'est également à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle que Lavoisier relie la respiration à la digestion, qu'il assure que « la machine animale est principalement gouvernée par trois régulateurs principaux : la respiration qui consomme de l'oxygène et du carbone et qui fournit du calorique (...) et la digestion qui rend au sang ce qu'il perd par la respiration et la transpiration ». (Sauvageot-Skibine, 1991, p.97). Il a fallu encore plus de temps pour passer de la compréhension de chacun des phénomènes à celle de leurs inter-rétro-actions. Nous remarquons que nombreux sont les élèves (et parfois les enseignants) qui butent là où les chercheurs ont rencontré des obstacles. Le morcellement des connaissances en physiologie puise ses origines dans l'histoire des sciences : Galien (129-200 après J.C) conçoit le corps humain comme découpé en parties relativement indépendantes dont chacune constitue une partie ou un instrument (organe-outil). Descartes (XVII<sup>ème</sup> siècle) reprend ce découpage, mais il fait fonctionner les différentes parties selon les lois de la mécanique etc. Il a fallu attendre le XX<sup>ème</sup> siècle pour évoquer la complexité de l'être vivant. Jacques Loeb (1859-1924), un physiologiste américain d'origine allemande, publia en 1916 *L'Organisme considéré comme un tout d'un point de vue physiologique*, sauf que le réductionnisme qu'il établit est qu'il ramène tous les phénomènes vitaux à des réactions physiques ou chimiques et les êtres vivants à de simples assemblages de molécules. Il avait une vision mécaniste de la vie. C'est avec Charles Scott Sherrington (1857-1952), le fondateur de l'Ecole neurologique britannique, que commence la conception de l'être vivant comme constitué de multiples systèmes interactifs, dotés d'un degré élevé d'organisation, des vues donc très proches de celles de Claude Bernard. C'était la vision holistique de la vie, conception que Bernard appliqua essentiellement au système nerveux central.

Si nous partageons le point de vue de certains auteurs qui considèrent que l'étude de l'histoire des sciences, en l'occurrence l'histoire de la physiologie, est enrichissante dans l'interprétation de certaines erreurs faites par nos élèves (d'où l'importance de l'introduction de l'histoire des sciences au niveau des curricula scolaires et universitaires); la prise en considération des limites de cette approche nous semble tout aussi pertinente. Giordan & De Vecchi (1987) considèrent que, de nos jours, il n'est plus possible de penser que l'appropriation du savoir par les apprenants reprenne les mêmes chemins que ceux empruntés lors du développement de la science. Le contexte, les questions qui se posent et les enjeux sociaux ou économiques sont bien différents.

L'étude historique d'un concept biologique, l'exploitation des erreurs, la prise en compte du paradigme de la complexité et l'apprentissage par résolution de problèmes nous semblent être des concepts et des outils nécessaires pour aider les élèves à relier les connaissances scientifiques. Mais cette compétence de « liens mobilisés pour résoudre un problème » est-elle étroitement dépendante d'un contexte bien déterminé ou constitue-t-elle une compétence transférable ?

### **La construction de liens entre les connaissances constitue-t-elle une compétence transférable ?**

Nous nous appuyerons sur une définition assez large du concept de transfert en éducation, telle qu'elle a été proposée par Higelé (1998, p.113) : « *c'est la capacité à mettre en œuvre des connaissances dans un contexte nouveau* ». Notre questionnement est donc le suivant : des élèves formés à mobiliser des liens entre plusieurs concepts pour résoudre un problème arrivent-ils à réutiliser les compétences (méthodologiques, comportementales et/ou cognitives) dans de nouvelles situations homologues?

Dans le but de répondre à ce questionnement, une nouvelle situation-problème a été proposée aux élèves des échantillons « E » et « T » au post-test. Les résultats obtenus (tableau 4-76) montrent que le pourcentage des élèves de l'échantillon « E » qui mobilisent des liens dans un nouveau contexte est élevé et significatif sur le plan statistique ; surtout en ce qui concerne les liens mobilisés entre la situation proposée et les systèmes : respiratoire (tableau 4-71) et circulatoire (tableau 4-72).

Les élèves formés à relier des connaissances pour résoudre un problème semblent pouvoir transférer cette compétence dans un nouveau contexte. Cette analyse reste limitée au contexte large de physiologie. Notre hypothèse est que des élèves formés à résoudre des problèmes proches de ceux rencontrés dans la vie « réelle » deviennent capables de réinvestir cette compétence dans plusieurs nouveaux contextes. Nous distinguons ainsi entre la vie « réelle » et concrète en dehors de la classe et la vie « artificielle » du milieu classe. En classe, les théories sont idéalisées et distantes de leurs cadres spatio-temporels réels : les enfants deviennent élèves, l'homme devient professeur et les problèmes sont transformés en exercices dont la solution est souvent cohérente, logique et univoque voire magique. Vue sous cet angle, **la formation scolaire ne saurait être efficace dans le monde du travail que si l'écart entre la « vie réelle » et la « vie de classe » diminue.** Le développement de la compétence à résoudre des problèmes théoriques puisés de la vie courante est une simulation intellectuelle du « savoir d'action » décrite par Lehmann (1997)<sup>142</sup>. Selon Meirieu (1989, p.167) « *nous n'intégrons un élément nouveau que si celui-ci est, d'une manière ou d'une autre, une solution à notre problème* ». Les ressorts même d'un apprentissage par résolution de problème sont des phénomènes complexes. Un grand nombre de paramètres entrent en compte, au delà de ce que le savoir théorique actuel peut prendre en compte. Cependant, des approches nouvelles du monde de la complexité sont actuellement développées. Une approche très interdisciplinaire en est un exemple.

La société doit donc pouvoir compter sur des générations de diplômés qui ont acquis les compétences nécessaires pour trouver et mettre en œuvre la solution à des problèmes imprévus et souvent complexes qui ne leur sont pas familiers, en étant capables de collecter et d'utiliser efficacement les ressources suffisantes pour les résoudre. Selon Lehmann (1997, p. 152) : « *on prend conscience depuis quelques années qu'une frontière existe, celle de la complexité. Plutôt qu'une frontière, une différence d'approche : un système simple tel un atome d'hydrogène ou un cristal peuvent se modéliser de façon extrêmement précise et la prédiction de leur comportement est chose relativement aisée. A l'opposé, au delà d'un certain nombre de degrés de liberté, la complexité d'un système apparaît comme intrinsèquement impossible à modéliser exactement. On est donc amené à trouver d'autres approches, plus globales, plus approximatives, mais qui, d'une certaine*

---

<sup>142</sup> Lehmann oppose le savoir d'action au savoir théorique. Le savoir théorique étant un ensemble de connaissances établies dans des disciplines traditionnelles et le savoir d'action étant la compétence à résoudre des problèmes réels de la vie courante et pratique.

*façon, nous rapprochent de la réalité du comportement humain face à une situation réelle ».*

La plupart des enseignants se demandent pourquoi leurs élèves, le jour de l'examen, n'arrivent pas à résoudre certains exercices dont les objectifs ressemblent à ce qui a été fait en classe et qui nécessitent l'exploitation de connaissances déjà acquises. Un pourcentage significatif d'enseignants (d'après Garrett & Satterly et Perez & Martinez-Torregrosa (1990, p.1) expliquent ce fait par « *des connaissances théoriques insuffisantes pour résoudre un problème et par une mauvaise compréhension de l'exercice tel qu'il a été formulé* ». Nous pensons qu'il s'agit plutôt d'un **obstacle de transférabilité** : le transfert d'une connaissance ou d'une compétence construite dans un contexte x, vers un autre contexte homologue z, n'est pas automatique. Robardet (1998) évoque ce qu'il appelle « *représentation naturaliste* » des sciences chez les enseignants : il s'agit d'un modèle de l'apprentissage où « *s'appuyant sur l'évidence de la perception, l'élève acquerrait une connaissance contextualisée qui se transformerait, par un processus naturel d'abstraction naturelle, en une connaissances générale* ». Quand l'apprentissage n'est pas structuré selon un mode facilitateur de résolutions de problèmes, ce qui permet la mobilisation de plusieurs liens construits, l'élève (ou même l'adulte) trouve des difficultés à réexploiter ses connaissances dans de nouvelles situations. Barth (1993, p. 19) soulève le problème du transfert des connaissances qu'il est nécessaire d'appréhender à partir de situations ou d'actions multiples et variées, pour discerner l'essentiel dans un contexte donné et pouvoir le transférer à un autre contexte : « *cela ne se fait pas automatiquement, et il ne suffit pas d'être attentif ou « doué ».* On a besoin d'être accompagné par un guide averti (...) car en général, ce qu'il importe de discerner n'est pas visible, mais de l'ordre de la relation ». La nature de ce problème est la même au niveau de la formation des enseignants et des élèves. Selon Barth (1993, p.18), il serait fondamental de s'interroger : « *comment faire pour que les apprenants- quels qu'ils soient- s'approprient un savoir complexe, abstrait, de telle sorte qu'ils puissent s'en servir avec intelligence ?* ». Ainsi, la notion de transfert est-elle centrale.

## **Les contraintes et les limites de cette recherche**

La méthodologie suivie et les résultats obtenus en ce qui concerne la construction de liens entre les connaissances, en l'occurrence en physiologie, restent limités et contextualisés. En précisant les limites des résultats obtenus, nous voulons procéder à un retour critique sur certains repères et dégager des prolongements possibles. Les résultats obtenus et leurs interprétations ont permis de tirer des conclusions et d'ouvrir de nouvelles perspectives, mais ils sont également assujettis à des contraintes et à des limites à prendre en considération, ne serait-ce que pour permettre et faciliter la reproduction de ce travail et éviter certaines difficultés. Nous allons donc évoquer successivement les points suivants :

**- *L'évolution des conceptions des élèves ne dépend pas exclusivement de la session de formation des enseignants*** : L'évolution des conceptions des élèves de l'échantillon « E » dont les enseignants ont participé à la session de formation témoigne de l'efficacité des outils pédagogiques qui ont été introduits dans le cadre de cette session et qui ont été expérimentés en classe. Cependant, si les résultats des élèves de l'échantillon « E » semblent être plus adéquats pour nos attentes, nous ne pouvons pas attribuer ce phénomène exclusivement à la session de formation. Il est évident que plusieurs facteurs interfèrent dans une séquence d'apprentissage. D'abord, les enseignants des deux échantillons « E » et « T » ne sont pas les mêmes, mais un choix délibéré a été fait : si la variable est au niveau des enseignants et non des élèves<sup>143</sup>, le risque que le changement soit dû au hasard est moindre. Ensuite, les élèves de l'échantillon « E » ont fait l'objet d'une expérimentation, ce qui modifie automatiquement le milieu et risque d'avoir une influence sur les résultats obtenus. En prenant en considération ces différentes contraintes, la session de formation constitue, sans exclusivité, un moteur de changement conceptuel important et un critère de différence majeure entre l'échantillon « E » et l'échantillon « T ».

**- *Les contraintes et les effet éphémères et contextualisés d'une session de formation*** : Les enseignants de l'échantillon « E » ayant participé à la session de formation ont appliqué, à titre expérimental, les outils pédagogiques « constructivistes » dans le cadre de l'enseignement de la physiologie. Ceci n'implique pas automatiquement un changement

---

<sup>143</sup> Nous aurions pu fixer la variable « enseignant » et varier la variable « élèves », en faisant l'étude sur deux années consécutives.

conceptuel radical et général chez ces enseignants. Les résultats de cette recherche montrent que c'est un bouleversement qui ne peut se faire, certes, en quelques heures de formation, mais que la gestion et l'analyse de situations différentes des pratiques habituelles peuvent constituer une amorce à une réflexion pédagogique. Dans le cadre de formation d'enseignants de physique, Saint-Georges (1998, p.79) évoque les limites d'une session de formation des enseignants : *« la réalisation des choix de formation se heurte à des limites : la situation de formation, si elle est bien prétexte à faire exprimer aux stagiaires leurs conceptions et à se questionner sur leur pratique, n'ouvre pas vraiment sur une réflexion dans le domaine disciplinaire, ce qui les empêche de progresser et d'envisager une diversification dans la conduite de classe. Une pratique réflexive menée à partir de l'exploitation didactique d'une séance de résolution de problèmes expérimentaux, conduit en effet à remettre en cause, non seulement le statut de certaines connaissances, mais encore les modèles d'enseignement que donne l'environnement professionnel. Elle passe alors nécessairement par une évolution des conceptions des stagiaires sur l'enseignement de la physique et sur la physique elle-même. Une réflexion n'est sans doute pas suffisante en soi, mais peut avoir des retombées à plus longue échéance, fournissant aux stagiaires des éléments de base et quelques outils pour construire des situations de classe interactives ou tenir compte, dans leur pratique, de l'analyse des propos et des erreurs de leurs élèves. Le fait que tous les obstacles n'aient pas été surmontés en quelques heures de formation ne signifie sans doute pas que les choix de départ doivent être abandonnés. Les conditions nécessaires pour qu'ils soient un jour surmontés ont été créées »*. Si, pendant la session de formation, le travail par PBL en petits groupes auto-dirigés a bien fonctionné, pourquoi les enseignants l'ont-ils expérimenté de façon uniquement ponctuelle dans leurs classes ? Ceci est probablement dû à la peur de l'inconnu et des ressources (l'apprentissage par PBL nécessite des ressources humaines, documentaires et logistiques adéquates : deux enseignants sont souvent présents en classe, le travail est fait en équipe, l'outil informatique s'impose etc.). L'utilisation de cette approche implique que les enseignants changent. Or tout changement risque d'être source de difficulté et d'angoisse. Ce type de changement en particulier, suppose que les enseignants acceptent de changer leur rôle d'enseignants omniscients, centres d'intérêts et source de toute connaissance à l'entraîneur ou « coach » et au facilitateur de tout apprentissage. L'apprentissage devient ainsi centré sur l'activité de l'élève et non sur l'enseignant. Cette approche reste stérile si le curriculum n'est pas reconçu en clarifiant le lien existant entre la transmission de contenus et le développement de compétences et en subordonnant le premier au second. Selon nous, et comme pour

toute session de formation, ce travail devrait être suivi et approfondi dans le cadre d'une formation continue, pour mieux ancrer une évolution quelconque dans les conceptions des enseignants.

- ***Le nombre d'enseignants ayant participé à la session de formation*** : L'effectif des enseignants ayant participé à la session de formation est assez limité (15 enseignants). D'où les limites de nos résultats concernant un changement conceptuel chez les enseignants. Nous ne pouvions que nous limiter aux enseignants qui se sont portés volontaires et surtout à ceux qui sont directement impliqués dans les classes « expérimentales » concernées. Notre cible d'étude et notre échantillon significatif sont principalement les élèves. Un échantillon d'enseignants plus important donnerait (dans le cadre d'une autre recherche axée davantage sur les enseignants) sans doute plus de validité statistique aux résultats obtenus.

- ***La nature des situations-problèmes proposées*** : La résolution des situations proposées aux élèves (les situations-problèmes 1,2 et surtout 3) nécessitent la mobilisation de liens parfois très indirects. Mais notre but est d'évaluer la capacité des élèves à résoudre des problèmes non habituels en mobilisant des liens entre leurs connaissances. Nous voulions vérifier si les élèves pensent à relier entre eux certains éléments des systèmes physiologiques analysés, loin de tout effet de mémorisation direct.

- ***Limites de l'apprentissage par cartes conceptuelles (ACC)***: Si l'apprentissage par construction de cartes conceptuelles constitue un outil pédagogique facilitateur de la mobilisation de liens entre les connaissances, certains élèves « *n'ont pas vu à quoi cela pouvait leur servir* » (Tribollet, Langlois & Jacquet, 2000, p.69). Cette technique est considérée par d'autres élèves comme « *une bonne technique de révision avant l'examen* ». Dans le cadre des recherches de Tribollet et coll. et dans l'intention d'identifier les conceptions des élèves, les auteurs ont constaté que cette méthode (utilisation de cartes conceptuelles), couplée avec un questionnaire, ne présente pas une efficacité supérieure aux méthodes classiques, mais ils ont observé une meilleure participation des élèves grâce à l'aspect graphique de l'activité proposée.

- ***Limites de l'apprentissage par résolution de problèmes ou « problem based learning » (PBL)*** : Cette pédagogie constructiviste fondée sur la résolution de problèmes semble être stimulante pour les enseignants et pour les élèves, mais elle peut entraîner des dérives dans

les pratiques pédagogiques : si l'application du PBL aurait aidé à une meilleure construction de liens entre les connaissances par les élèves, une pédagogie centrée uniquement sur le PBL pourrait entraîner la perte du détail. Les pédagogies pointillistes, par objectifs insistent sur le détail des attributs primaires et secondaires d'un concept. Ceci est en relation étroite avec l'appropriation de la dimension abstraite du concept enseigné. Il ne s'agit pas donc de remplacer un enseignement basé sur l'apprentissage par objectifs très spécialisés par un enseignement global focalisé sur la résolution de problèmes. **Il ne s'agit pas de basculer d'un extrême à l'autre, mais de veiller à contextualiser les concepts enseignés, de les intégrer dans un contexte plus large (par exemple les besoins de la cellule qui doivent être au centre de tout apprentissage intégrateur de la complexité) et surtout de créer des situations qui inviteraient les élèves à mobiliser leurs connaissances, souvent morcelées, dans la résolution d'un problème concret de la vie courante,** comme c'est nécessaire par exemple pour qu'une véritable éducation à la santé puisse avoir lieu.

## CHAPITRE VI

# CONCLUSION ET PERSPECTIVES

*« Il y a en tout être infiniment plus que lui-même... »  
(Marguerite Yourcenar)*

Le travail de recherche qui précède se rapporte d'abord à l'analyse des conceptions des élèves libanais concernant leur compétence à mobiliser des liens entre plusieurs systèmes physiologiques ou compétence de *transversalité intradisciplinaire*. L'échantillon testé en 2001-2002 est constitué de 300 élèves de Seconde et de Cinquième et l'échantillon testé en 2002-2003 est constitué de 420 élèves de Seconde et de Cinquième, appartenant à des collèges homologués qui préparent un double programme : le programme libanais et le programme français. Tous ces collèges du grand Beyrouth adoptent le même manuel de biologie (*Sciences de la vie et de la terre*, Bordas). En se référant aux théories de la complexité (Morin, 1986,1999 ; Ardoino, 1998 ; Serres, 1992), de l'approche systémique (Maturana et Varela, 1980, 1989 ; De Rosnay, 1975, 1998), de l'interdisciplinarité (Lenoir, 1995, 1998, 2001, 2004 ; Demol, 2003 ; Sachot, 2001) et du constructivisme (Rey, 1996 ; Jonnaert, 2002 ; Prost, 1985 ; Yager, 1991 ; Cobern, 1996), nous nous sommes posé la question suivante : *comment la prise en compte du paradigme de la complexité dans l'enseignement de la physiologie en Cinquième et en Seconde pourrait-elle favoriser la construction de liens entre les concepts enseignés ?*

Ce questionnement nous a ensuite orienté vers trois nouvelles pistes de réflexion :

- peut-on aborder la complexité et la construction de liens entre les connaissances sans prendre en considération un élément fondamental de l'opération éducative : la dimension affective ?
- les liens existant entre affectivité et rapport à l'erreur interfèrent-ils avec la capacité des élèves à accepter les déstabilisations cognitives ?
- les liens existant entre la complexité, la construction de liens entre les connaissances et la compétence de résolution de problèmes peuvent-ils être objectivés par l'apprentissage par résolution de problèmes ?

Or avant d'interroger la compétence des élèves à relier les connaissances, il serait primordial de questionner celle de leurs enseignants à le faire. La formation initiale des enseignants, les conduit-elle à se construire ce type de compétence ?

Ces questions et les théories sous-jacentes ont constitué le fil directeur de cette recherche. Une analyse du terrain suivie d'une session de formation des enseignants nous a donné un éclairage sur :

- les difficultés que trouvent les élèves à mobiliser des liens entre plusieurs concepts enseignés en physiologie.

- l'efficacité et les limites de l'apprentissage par résolution de problèmes (PBL) et par cartes conceptuelles (ACC) dans la construction de liens entre les connaissances.

### **6.1- Le morcellement des connaissances en physiologie : un fait établi**

A travers l'analyse des résultats obtenus en Cinquième et en Seconde en 2001-2002 au Liban, transparait clairement la difficulté qu'ont ces élèves à relier leurs connaissances en physiologie pour résoudre un problème ou pour répondre à des questions de type « questions fermées ». Plusieurs difficultés et obstacles d'ordre didactique, épistémologique ou psychologique ont été identifiés :

*- Difficultés dans la mobilisation des liens entre les systèmes physiologiques analysés :* nous retrouvons, au niveau de cet axe, les obstacles concernant les conceptions de la tuyauterie digestive continue, de l'estomac-sac, les obstacles concernant les conceptions de la tuyauterie respiratoire continue, les conceptions du poumon-sac et surtout les conceptions qui ne prennent pas compte des échanges cellulaires. Le plus grand pourcentage d'élèves correspond à ceux qui mobilisent des « **liens directs** » entre un système physiologique donné et ses éléments anatomiques. Rares sont les élèves qui utilisent des « **liens en ricochet ou en réseaux** » dont la mobilisation s'inscrit dans le paradigme de la complexité où l'inter-rétro-action entre plusieurs concepts enseignés est attendue. Les élèves semblent ne pas prendre en considération la **complexité** dans la résolution de problèmes. Ceci est entre autre dû à l'absence des moments de **structuration cognitive** prévus pour cela dans l'enseignement de la physiologie. Une difficulté majeure a été identifiée à ce niveau-là : les liens non mobilisés entre le système nerveux et les autres systèmes physiologiques. Tout se passe pour nos élèves comme si nos viscères et même nos sentiments sont indépendants de notre système nerveux (peur et stress non reliés au système nerveux, sentiment relié uniquement au cœur, système digestif indépendant du système nerveux, etc.), ce qui pourrait en partie favoriser la persistance de certaines théories spiritualistes, dualistes, mécanistes et innéistes sous-jacentes.

*- Difficultés variables en fonction de la formulation de la question :* Les élèves modifient leurs réponses, pour un même lien attendu, en fonction de la nature de la question : situation-problème ou question fermée, si la question commence par système digestif ou système nerveux etc. Ce résultat est à rattacher au concept de « **conceptions conjoncturelles** » : conceptions mobilisées en fonction du contexte, de la situation et du milieu. Ceci nous a poussé à distinguer les « **liens construits** » par les élèves (connaissances stabilisées) des « **liens mobilisés** » (connaissances mobilisées ou utilisées

dans une situation bien déterminée). Les connaissances mobilisées dépendent aussi de leur source de construction : conceptions d'origine sociale ou conceptions d'origine scolaire. Il ne s'agissait point d'insinuer une contradiction quelconque entre ces deux origines qui, au contraire, sont complémentaires et parfois indissociables, mais surtout d'analyser l'influence de chacune d'elles sur la construction des liens entre les connaissances, par les élèves. C'est là qu'émerge l'importance de passer du paradigme de la simplification au paradigme de la complexité qui prend en considération l'intégration de plusieurs paramètres.

## **6.2- La prise en compte de la complexité dans l'enseignement de la physiologie**

L'enseignement de la physiologie, selon le paradigme de la simplification consistant à faire construire des connaissances de façon linéaire et cumulative, semble induire un obstacle d'apprentissage de la physiologie. En effet, les enseignants accordent peu d'importance aux moments de structurations cognitives<sup>144</sup> et les élèves ne mobilisent pas de liens entre les systèmes physiologiques étudiés et n'ont pas une vue globale et *hologrammatique* du corps humain. Le principe hologrammatique (selon Morin, 1999) est au niveau de la cellule elle-même (la totalité du patrimoine génétique est présente dans chaque cellule individuelle). La vie elle-même a dû résoudre le problème de la complexité par la pluricellularité. Les organismes vivants, tous monocellulaires au début de la vie sur la terre (entre -3,4 milliards d'années et -700 millions d'années), vont devoir résoudre « un problème biologique » posé par la pluricellularité : comment permettre à chaque cellule, (qui auparavant avait la possibilité, de se nourrir, de respirer, d'excréter, de se déplacer et de se reproduire), de s'adapter à la pluricellularité et de satisfaire ses besoins en gaz, en nutriments et d'éliminer les déchets du catabolisme? La réponse inventée par le processus de l'évolution des êtres vivants, ce sont les **systèmes physiologiques**. L'enseignement de la physiologie animale, prenant compte de la complexité des besoins de la cellule, va mettre l'accent sur tous les systèmes présents chez les mammifères comme l'homme et leurs interactions.

L'émergence des propriétés d'un organisme conçu selon une approche systémique est en étroite dépendance avec les inter-rétro-actions existant entre les cellules d'une part et l'environnement d'autre part. D'où l'importance d'introduire dans l'enseignement de la physiologie le paradigme de la complexité défini par Morin (1999), en donnant de

---

<sup>144</sup> Voir chapitre des Résultats, paragraphe 4.2

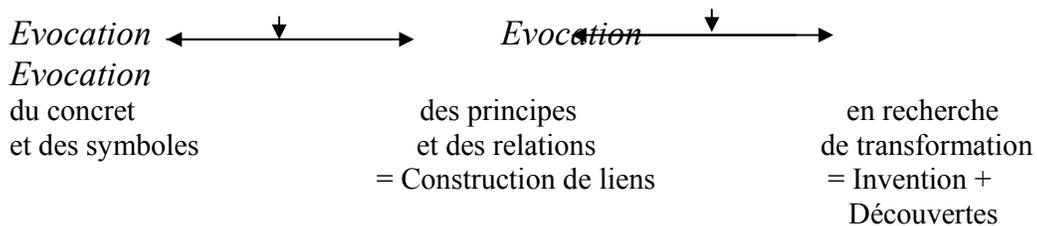
l'importance au principe dialogique (notions complémentaires et parfois antagonistes, en physiologie), à la boucle rétroactive (rétro-contrôle ou feed-back), à la boucle récursive (effet-cause), au principe hologrammatique (la cellule en tant qu'une partie contenant le tout), au principe systémique organisationnel (cellule et système physiologique) et au principe d'autonomie-dépendance (réintroduction du vivant autonome et en interaction dépendante avec son environnement).

*L'un des buts les plus importants consiste donc à prendre en considération la déclinaison d'un concept en ses attributs pour des besoins de transposition didactique et de meilleurs approfondissements, sans toutefois oublier de raccorder les pièces cognitives du puzzle afin d'avoir une vue globale, dans un contexte, pour résoudre des problèmes. Selon Lehmann (1997,p. 157) :*

« Il y a une grande différence entre le stockage de la connaissance sous forme d'une mémoire encyclopédique, une sorte d'accumulations de connaissances récupérables à la demande, et la mise en condition d'un cerveau qui lui donne la capacité d'apprendre puis de reconnaître des situations complexes, ce qui peut le conduire à gérer ses décisions ». *La construction de liens entre les concepts étudiés au sein d'une même discipline «intradisciplinarité » ou dans plusieurs disciplines « interdisciplinarité » semble être un outil important pour aider les élèves à accorder du sens à un savoir transférable. Si le terme d'interdisciplinarité se veut comme « une qualité », un « terme abstrait » pour Sachot (2001), les besoins actuels se situent au niveau de la mise en place d'outils concrets (aussi bien au niveaux des dispositifs pédagogiques, qu'aux niveaux de la formation) pour mettre en congruence et en cohérence ce que la logique disciplinaire oblige à distinguer, voire à opposer. Il s'agit de préciser une démarche extrêmement complexe permettant d'élaborer des dispositifs d'apprentissage qui favoriseraient la construction de relations entre des réalités, également complexes et variées, que sont les « disciplines ». Dans ce contexte, l'apprentissage permettrait la constitution de « sens ». Les enseignants et les élèves sont, en effet, à la recherche du « sens » : les premiers sont à la quête du « sens » du métier*

« d'enseignant », métier qu'ils remettent continuellement en question, les seconds recherchent un « sens » aux concepts enseignés et à leur statut « d'apprenant ».

Dans cette optique, le « projet de sens » (Côté, 2000) vise la construction de liens entre concept comme une étape primaire vers une étape plus évoluée de l'apprentissage, celle de l'invention :



Cette notion de lien ou de mise en relation entre les connaissances n'est pas nouvelle. Giordan & De Vecchi (1987) décrivaient le réseau de concepts utilisés pour raisonner sur une situation donnée comme une aura conceptuelle interdisciplinaire. « *Qu'il s'agisse de l'inter ou de la transdisciplinarité, leur actualité commune tient principalement au fait que des lectures ou contenus disciplinaires verticaux isolés deviennent inopérants à la compréhension de phénomènes perçus complexes* » (Demol, 2003). En décrivant le concept de « l'îlot de rationalité », Fourez (1997) montre qu'un individu se construit une représentation pour comprendre une situation en vue de réaliser une action ou de prendre une décision. Mais c'est dans les champs conceptuels de Vergnaud (1990) que l'on trouve une théorie plus complète qui relie le réel (situations, objets) et la représentation du problème que se construit l'individu (conception, concepts) et les procédures (ou schèmes) utilisés pour résoudre un problème. Selon Lehmann (1997, p. 151) : « *On voit bien que cette description, elle-même très schématisée, du déroulement d'un processus d'action est d'une grande complexité. Le savoir d'action lui-même ne peut donc être qu'intrinsèquement complexe. C'est là où peut peut-être apparaître une approche nouvelle* ». Mais cette approche nécessite d'abord une formation des enseignants à la complexité.

## La formation des enseignants

Suite aux résultats obtenus, la session de formation des enseignants à la complexité constitue un paramètre efficace visant une meilleure mobilisation de liens entre les systèmes physiologiques analysés. Certains outils pédagogiques, en l'occurrence

l'apprentissage par résolution de problèmes (PBL) et par construction de cartes conceptuelles (ACC) aident les élèves des enseignants « formés » à relier les connaissances en physiologie. En PBL (Problem based learning ou apprentissage par résolution de problème), il s'agit de passer de la stratégie : cours → résolution de problèmes → examen, à la stratégie : problème construit en réponse à un besoin → recherche tuteurée → résolution de problème → évaluation et auto-évaluation. Dans le cadre de l'analyse du développement de la compétence « relier les connaissances scientifiques en physiologie » et de l'importance accordée par les enseignants à cette compétence, nous nous sommes heurté à la difficulté d'avoir accès aux pratiques enseignantes réelles. Nos conclusions tirées à partir des questionnaires et des entretiens sont contextualisées et contraintes par notre intervention même. Toutefois, l'écart que nous avons mis en exergue entre ce que les enseignants disent qu'ils font et les résultats qu'ils obtiennent auprès des élèves, en termes de capacité à construire des liens entre les concepts, nous est tout à fait révélateur d'un dysfonctionnement de la pratique enseignante elle-même. Le souci majeur reste donc de rendre cette « opacité » des pratiques enseignantes aussi « transparente » que possible grâce à la multiplication des situations praxéologiques dans lesquelles les enseignants seraient en train de construire avec le formateur le sens d'un concept. Il s'agit de passer de l'implicite à l'explicite : le concept de « construction des liens » devient ainsi objet d'enseignement. Une autre contrainte est due au fait que les enseignants appliquent souvent de façon temporaire ce qui a été construit dans le cadre d'une session de formation, surtout que comme l'explique Pelpel (2003), l'enseignant est souvent « tiraillé » entre l'urgence des problèmes pratiques qu'il doit résoudre au jour le jour, en classe, et l'abstraction des approches théoriques qui lui sont « imposées » par ailleurs, dans le cadre d'une session de formation. L'enseignant se trouve ainsi en position de dissonance cognitive. Il est d'une part convaincu de l'utilité de la mise en application d'un outil pédagogique « appris » dans une session de formation et la facilité de *l'habitus* et la contrainte du programme scolaire à achever d'autre part. Le réseau d'enseignants est aujourd'hui considéré comme un lieu d'apprentissage et d'innovation : « à l'heure où la plupart des systèmes scolaire mettent en place des réformes pouvant toucher aussi bien les structures, les programmes que les pratiques pédagogiques, la formation continue devient un enjeu essentiel de la réussite de ces transformations » (Lafortune, Deaudelin, Doudin & Martin, 2001, p.2). Ce souci de la formation continue des enseignants est devenu central<sup>145</sup> depuis la réforme des

---

<sup>145</sup> Par exemple, la dernière née des institutions de l'Université Saint-Joseph, la Faculté des sciences de l'éducation (FSédu) a ouvert ses portes en octobre 2002. La faculté des

programmes au Liban, en 1997. Ceci pourrait changer l'image sociale négative de l'enseignant « sclérosé ».

Ainsi et suite à l'analyse du problème de « morcellement des connaissances en physiologie » identifié chez les élèves de Cinquième et de Seconde de notre échantillon d'étude, nous avons émis l'hypothèse suivante : « la formation de enseignants à la complexité, à l'enseignement de la physiologie par résolution de problèmes, au rôle de l'erreur dans l'apprentissage et à la prise en compte de la dimension affective en éducation aiderait les élèves à mobiliser des liens entre les différents concepts enseignés en physiologie ». En effet, les élèves dont les enseignants ont participé à la session de formation (échantillon « E ») ont mobilisé des liens entre le système digestif, le système respiratoire et le système circulatoire, dans le cadre d'une résolution de problèmes. Ils ont évoqué l'absorption des nutriments au niveau du sang et ont mentionné les échanges et la respiration cellulaires. L'obstacle de la « tuyauterie continue » semble être dépassé chez ces élèves. Cependant, peu de liens entre le système nerveux et le système digestif ont été mobilisés par ces élèves. Quant au rapport à l'erreur, les élèves de l'échantillon « E » réussissent mieux les problèmes proposés et osent faire plus d'erreur et osent prendre par là même, le risque de l'apprentissage. La transférabilité de la compétence à relier les connaissances a été vérifiée à travers l'analyse des réponses obtenues à la nouvelle situation-problème proposée aux élèves. En ce qui concerne les conceptions des enseignants, un changement au niveau du rapport à l'erreur et de la compétence à relier les connaissances pour résoudre un problème a été identifié. Cependant, les enseignants qui ont expérimenté les outils de la session, en classe, en abordant la partie « physiologie », ont assuré, suite à une rencontre ultérieure, qu'ils ont eu tendance à avoir recours aux méthodes « traditionnelles » par la suite. Ceci met en évidence l'effet éphémère d'une session de formation si un suivi n'est pas assuré. Le cours magistral semble constituer aux enseignants « une valeur sûre », comme si lui, n'avait pas aussi sa logique et ses dérives, sauf que le cours magistral est tellement légitimé par la tradition scolaire, qu'à la différence des autres dispositifs pédagogiques, il n'est pas remis en question, lui, quand « ça ne marche pas ». La formation des enseignants à la complexité constitue donc l'une des perspectives de cette recherche.

## Perspectives

Pour continuer dans l'optique de ce travail, les résultats obtenus invitent à élargir cette expérimentation didactique à d'autres champs. Les élèves dont les enseignants ont participé à la session de formation mobilisent davantage des liens entre les différents systèmes physiologiques et réussissent mieux les résolutions de problèmes non routiniers. Cette compétence, synonyme d'adaptabilité, est souvent sollicitée, non seulement dans les cadres scolaires et universitaires, mais surtout dans le monde du travail. Cette recherche a montré que les élèves relient davantage les connaissances quand ils ont moins peur de faire des erreurs, quand les enseignants sont conscients des obstacles d'apprentissage dus au morcellement des connaissances, et quand ils accordent de l'importance aux moments de structurations cognitives. Cette étude a visé l'évaluation d'un dispositif pédagogique qui développerait des compétences transférables pour aider les élèves à relier d'autres concepts enseignés en biologie, à relier des concepts entre plusieurs disciplines et même à **intégrer le paradigme de la complexité nécessaire à l'exécution de n'importe quelle tâche au niveau du monde actif du travail qui de nos jours, devient de plus en plus interdisciplinaire et orienté vers le travail en équipe et demande de savoir davantage des incertitudes que des certitudes**. La relation « formation-emploi » au cœur de nombreux débats, devrait orienter le contenu des formations que nous assurons pour qu'elles deviennent moins dogmatiques, pointillistes et autoritaires (Paul, 1993). Nous partons de l'hypothèse que dans notre monde de plus en plus concurrentiels, la place est réservée aux personnes polyvalentes, qui savent collaborer en groupes et qui arrivent à relier des compétences et des connaissances. Selon une étude de l'OCDE<sup>146</sup> de décembre 2001 : *« l'apprentissage du travail en équipe est une capacité pourtant clé pour l'avenir des élèves dans le monde du travail, quelle que soit la branche professionnelle choisie. Les études dirigées sont une bien petite tentative pour aller dans ce sens. Mais les enseignants peu formés à ce type d'exercice, se découragent peu à peu. (...) Les valeurs d'entraide, d'échanges, d'implication dans la vie collective de l'établissement ne sont pas prises en compte dans le cursus scolaire. Est-il normal que l'apprentissage des responsabilités ne soit pas intégré aux objectifs du collège ? »*

Il est donc nécessaire de mettre en place des sessions de formation des enseignants à la complexité : des formations autour d'un dispositif pédagogique basée sur la problématisation des concepts et des situations, sur la construction des cartes

---

<sup>146</sup> Organisation de coopération et de développement économiques.  
<http://www.gauches.net/article440.html>

conceptuelles et tout ce qui pourrait interpeller la « gestion mentale ». Selon De la Garanderie (1991, p. 75) « *la gestion mentale est une voie vers l'autonomie (...) l'être humain doit être reconnu dans sa capacité à diriger sa vie par lui-même, le rôle de l'éducateur, de l'éducation, étant de lui en révéler les moyens (...) diriger sa vie, c'est faire preuve d'autonomie* ». Ce sont des formations concernant la prise en compte de la dimension affective et des émotions en éducation et concernant l'inter, la transdisciplinarité et la **transversalité intradisciplinaire**, dans lesquelles des outils et des modes d'évaluation concrets ainsi que des dispositifs pédagogiques innovateurs seront co-construits par la coopération « formateur-enseignant », en réponse à un besoin et en solution à un obstacle identifié (celui du morcellement des connaissances). Cette approche devrait pouvoir être étendue à d'autres besoins et d'autres obstacles. Dans le cadre de ces formations d'enseignants, l'accent serait mis aussi sur **l'apprentissage par l'erreur** et les capacités de communication. D'après la même étude faite par l'OCDE, le système actuel valorise plus les connaissances que les compétences et les modalités d'évaluation reflètent cette hiérarchie. Quant aux savoir être, ils se définissent souvent plus par défaut à travers la longue liste dans les règlements intérieurs de ce que les élèves ne doivent pas faire.

Une retombée possible de cette recherche serait au niveau de la formation des médecins (autant au niveau de la formation initiale qu'au niveau de la formation continue). D'après Kitano (2002), pour comprendre la biologie à un niveau systémique, nous devrions examiner la structure et la dynamique cellulaires et les fonctions au niveau de l'organisme entier, plutôt que les caractéristiques de parts isolées d'une cellule ou d'un organisme. Les propriétés émergentes d'un système (comme son auto-organisation et sa résistance) sont des questions centrales, et leur compréhension pourrait avoir un impact sur le **futur de la médecine**. Les critères d'un système résistant se classent dans trois domaines :

- 1- *L'adaptabilité : fait face aux changements environnementaux.*
- 2- *L'insensibilité : par rapport à certains paramètres cinétique*
- 3- *La dégradation gracieuse : se détruit lentement après un traumatisme plutôt que sous la forme d'une dégradation catastrophique.*

L'objectif final est d'accéder au réel qui lui, est, par nature, complexe et loin d'être morcelé. Cette vision rejoint l'une des perspectives de réforme des Universités Européennes (le Projet TUNING)<sup>147</sup>, celle qui vise des compétences intégratrices. L'évocation de cette compétence à développer transparaît à travers les objectifs du projet

---

<sup>147</sup> Tuning Project, Program closing Conference, Brussels, 31 may 2002. Résultats parus fin 2002.

qui insistent sur la création de ponts entre différents réseaux « networks » pour produire une «convergence» entre les cinq domaines principaux : maths, géologie, business, histoire et sciences de l'éducation. Le développement de ces liens sert, d'après les objectifs du projet, à développer l'autonomie et à former les étudiants selon un cadre proche de celui de leurs carrières futures.

*La noosphère Européenne (chercheurs en didactique et concepteurs de programmes scolaires) est consciente, nous semble-t-il, de l'importance du développement de ces compétences. Cette prise de conscience s'est traduite aussi bien au niveau du curriculum français qu'au niveau des manuels scolaires. Cependant, les résultats obtenus en France (El Hage, 2001) ont montré que les élèves de Cinquième, de Seconde et de Première S de l'échantillon testé, mobilisent peu de liens entre les connaissances en physiologie et réussissent peu la résolution de problèmes non routiniers. Ce qui met en évidence un écart éventuel entre les «prescriptions curriculaires» et leurs traductions dans les pratiques enseignantes d'une part et les conceptions des élèves d'autre part. Qu'en est-il de la situation au Liban? Le nouveau programme libanais, en chantier de rénovation pédagogique (mise en place des nouveaux programmes depuis 1997) prend-il en considération l'importance de la construction de liens entre les connaissances? Les élèves qui suivent le programme libanais retrouvent-ils les mêmes difficultés? Sont-ils formés à la complexité et à la résolution de problèmes? Si notre étude a ciblé les liens construits en physiologie, qu'en est-il des liens construits par nos élèves au niveau d'autres concepts, voire avec d'autres disciplines? Qu'en est-il des manuels de biologie libanais? Saber (2001, p. 77) évoque « le rôle des manuels comme obstacles didactique à l'établissement des relations (...) les connaissances sont présentées de manière fragmentées et les chapitres isolés ». Les conceptions et les facteurs psycho-sociaux dans un pays ont-ils une influence sur les capacités intégratrices permettant aux élèves de relier les concepts enseignés et à quels niveaux? Et finalement, même au niveau de la formation scientifique universitaire en général (médecine, sciences fondamentales ou autres), dans quelles mesures assurons-nous des moments de structurations cognitives à nos étudiants pour les aider à relier leurs connaissances entre les différentes disciplines enseignés? Quels sont les dispositifs pédagogiques concrets mis à leur disposition, à cet effet? Quels sont les rôles et la place de la dimension affective dans notre enseignement? Quel est notre rapport à l'erreur et quel est celui de nos élèves? Tant de questions qui nécessitent de nombreuses recherches en didactique des sciences. Si plusieurs d'entre-elles en didactique de la biologie ont déjà permis l'identification des obstacles d'apprentissage*

*propres à chacun des systèmes physiologiques étudiés, l'originalité de notre travail réside d'abord dans l'analyse de la capacité des élèves et des enseignants à mobiliser des liens entre ces systèmes physiologiques pour résoudre un problème non routinier, ensuite dans le transfert de cette compétence dans d'autres domaines de la vie courante et enfin dans l'accord du sens aux concepts enseignés. Ces compétences ne sauraient être construites par les élèves et par leurs enseignants si nous faisons abstraction d'un élément-clé de l'opération éducative : la dimension affective dans l'apprentissage, à commencer par notre rapport à l'erreur.*

Notre étude a montré que **les élèves qui osent davantage faire des erreurs, prennent plus le risque de l'apprentissage et réussissent mieux de ce fait, les résolutions de problèmes**. Ils seront des citoyens qui auront moins peur de se tromper et échapperont peut-être aux filets de la soumission. C'est en ce sens que la question majeure que pose notre travail serait, dans une perspective sociale : quel type de citoyen et quel type de société l'école doit-elle former ?

# **BIBLIOGRAPHIE**

**ABOU TAYEH, P. (2003)** *La Biologie entre opinions et connaissances : Conceptions d'enseignants et d'étudiants libanais sur le cerveau et son épigénèse, et sur d'autres déterminismes génétiques / épigénétiques*, Thèse de doctorat en didactique de la biologie, Université Claude Bernard-Lyon 1.

**ALBANESE, M. & MITCHELL, S. (1993)** Problem-based learning: a review of literature on its outcomes and implementation issues, *Academic Medicine*, **68-1**: 52-81.

**ALBANESE, M. (2000)** Problem-based learning : Why curricula are likely to show little effect on knowledge and clinical skills. *Medical education*, **34-9**: 729-738.

**ALEXANDER, P.A., & JUDY, J. (1988)** The interaction of domain-specific and strategic knowledge in academic performance. *Review of Educational Research*, **58**: 375-404.

**ALEXANDER, P.A., SCHALLERT, D.L., & HARE, V.C. (1991)** Coming to terms: how researchers in learning and literacy talk about knowledge. *Review of Educational Research*, **63**: 315-343.

**ALTET, M. (2002)**. Une démarche de recherche sur la pratique enseignante : l'analyse plurielle, *Revue française de pédagogie*, **138** : 85-93.

**ANDLER, D. (1987)** Problème. In : I. Stengers (eds), *D'une science à l'autre, des concepts nomades*, Seuil, Paris. pp. 119-160.

**ANDLER, D. (1992)** *Introduction aux sciences cognitives*, Gallimard (coll. « Folio », Essais), Paris.

**ANONYME, (2001)** Débats autour de la sciences, *Revue des Sciences humaines*, Hors-série, janvier-février 2001, **31** : 58-62.

**ARACELI RUIZ-PRIMO, M. & SHAVELSON, R. (1996)** Problems and issues in the use of concept maps in science assessment, *Journal of research in science teaching*, John Wiley & Sons, Inc, **33-6**: 560-600.

**ARDOINO, J. (1998)** *La complexité*, in *Journées thématiques conçues et animées par Edgar Morin, Relier les connaissances*, Seuil, Paris, pp. 442-450.

**ARSAC, G., CHEVALLARD, Y., MARTINAND, J.L. & TIBERGHIE, A. (1994)** *La transposition didactique à l'épreuve*, La Pensée Sauvage, Grenoble.

**ARSAC, G., DEVELAY, M. & TIBERGHIE, A. (1989)** *La transposition didactique en mathématiques, en physique, en biologie*, édition IREM de Lyon et LIRDIS, Université Lyon 1.

**ASPY, D.N., ASPY, C. B., & QUIMBY, P.M. (1993)** What doctors can teach teachers about problem-based learning, *Educational Leadership*, **50-7**: 22-24.

**ASTOLFI, J.P. & DEVELAY, M. (1989)** *La didactique des sciences*, PUF, coll « Que sais-je ? », Paris. 2<sup>o</sup> édition 1991.

**ASTOLFI, J.P. (1997)** *L'erreur, un outil pour enseigner*, ESF, Paris.

**ASTOLFI, J.P. (2001)** Les paradoxes nécessaires de l'interdisciplinarité scolaire, In Y. LENOIR, B. REY et I. FAZENDA, *Les fondements de l'interdisciplinarité dans la formation à l'enseignement* (111-134), Sherbrooke : Edition du CRP.

**ASTOLFI, J.P. et al. (1990)** *Trames conceptuelles, Du savoir savant au savoir enseigné*, Grenoble, La pensée sauvage, Paris.

**ASTOLFI, J.P., DAROT, E., GINSBURGER-VOGEL, Y., TOUSSAINT, J. (1997)** *Mots clés de la didactique des sciences. Repères, définitions, bibliographies*, De Boeck Université, Bruxelles.

**AUSUBEL, D.P. (1968)** *Educational psychology: A cognitive view*, New York: Holt Rinehart and Winston.

**AUTHIER, M & LEVY, P. (1992)** *Les arbres de connaissances*, La découverte, Paris.

## B

**BACHELARD, G. (1938)** *La formation de l'esprit scientifique*, Vrin, édition 1986, Paris.

**BARBIER, J.M., & GALATANU, O. (1998)** De quelques liens entre action, affects et transformation de soi, (pp. 45 – 70), In. *Action, affects et transformation de soi*, publié sous la direction de Jan-Marie Barbier et Olga Galatanu, Education et formation, PUF, Paris.

**BARTH, B.M. (1993)** *Le savoir en construction*, Retz Nathan, Paris.

**BEC, J.L. & FAVRE, D. (1996)** Le système nerveux dans le programme de biologie : quel(s) concept(s) veut-on enseigner ? *Trema*, **9-10**: 97-104, IUFM Montpellier.

**BEDNARZ, N. (1991)** « Interactions sociales et construction d'un système d'écriture des nombres en classes primaires », dans C. Garnier, N. Bednarz et I. Ulanovskaya (dir), *Après Vygotsky et Piaget : perspectives sociale et constructiviste. Ecoles russe et occidentale*, Bruxelles, De Boeck, pp. 50-67.

**BERNSTEIN, P., TIPPING, J., BERCOVITZ, K., & SKINNER, H.A. (1995)** Shifting students and faculty to a PBL curriculum: Attitudes changed and lessons learned. *Academic Medicine*, **70-3**: 245-247.

**BOILEVIN, J.M. & DUMAS-CARRE, A. (2001)** Un modèle d'activité de résolution de problèmes de physique en formation initiale d'enseignants, *Aster*, **32**: 63-90.

**BOUD, D.J. (1985)** Problem-based learning in perspective, in Boud, D.J. (ed) *Problem-based learning in Education for the Professions*, Sydney; Higher Education Research and Development Society of Australasia.

**BOURDIEU, P. (1992)** *Réponses*, Seuil, Paris.

**BROUSSEAU, G. (1980)** Les échecs électifs dans l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire, *Revue de laryngologie, otologie, rhinologie*, vol.101, 3-4 : 107-131.

**BROUSSEAU, G. (1981)** *Problèmes de didactique des décimaux*, II, Recherches en didactique des mathématiques, vol 2.1, Grenoble.

**BRUNET, J., CHABANEAU, M., CLION, F., DEJEAN, B., GENINET, A., LABADIE, C., LACAZE, B., MANHAVIALE, C., STAGE, E. (1993)** *La gestion mentale à l'école*, C. Pébrel (dir), Retz, Paris.

## C

**CAUTERMAN M.M., DEMAILLY L., SUFFYS S., BLIEZ-SULLEROT, N. (1999)** *La formation continue des enseignants est-elle utile ?* Education et Formation, recherches scientifiques, PUF, Paris

**CERI (Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement). (1998)** *Analyse des politiques d'éducation*, OCDE, Paris.

**CHERVEL, A (1988)** *L'histoire des discipline scolaires : réflexions sur un domaine de recherche*, Histoire de l'éducation, 38 : 59-119.

**CHESSEX-VIGUET, Ch. (1990)** *L'école est un roman*, édition d'en bas, Lausanne.

**CHEVALLARD, Y. (1985)** *La transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné*, La pensée sauvage, Grenoble.

**CLEMENT, P. (1991)** *Sur la persistance d'une conception : la tuyauterie continue digestion-excrétion*, Aster, 13 : 133-155, INRP, Paris.

**CLEMENT, P. (1994)** *Représentations, conceptions, connaissances*, in Giordan A., Girault Y., & Clément P., conceptions et connaissances, Peter Lang, Berne, pp.15-45.

**CLEMENT, P. (1997)** Cerveaux de femmes et d'hommes : l'idéologie était déjà dans la revue « Nature ». In *Actes J.I.E.S (Journées Internationales sur l'Education Scientifique)*, A. Giordan., J-L. Martinand., & D.Raichvarg Eds. Paris : Université Paris Sud, Chamonix, 19 : 267-272.

**CLEMENT, P. (1998)** *Trois types de problématiques de recherches en didactique des sciences*, Deuxième journée de didactique des sciences, Marrakech FSSM.

**CLEMENT, P. (1999a)** *La biologie entre opinions 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 Prelières Rencontres scientifiques de l'ARDIST, ENS Cachan, pp. 81-87.

**CLEMENT, P. (1999b)** *Les spécificités de la biologie et de son enseignement*, Biologie Géologie, 3 : 479-501.

**CLEMENT, P., BLAES, N., BLAINEAU, S., DEBARD, E., JOURDAN, F. & LUCIANI, A. (1980)** Le matin des biologistes ? *Raison Présente*, 57, Paris.

**CLEMENT, P., LUCANI, A., TARDIVEL, R., BOYRIVENT, A., CHAMPAGNON, B. (1981)** Pluridisciplinarité thématique et objectifs pédagogiques dans un enseignement universitaire scientifique, *Pédagogiques, Revue de l'AIPU*, **1-3** : 7-9.

**CLEMENT, P., SERVERIN J.L. & LUCIANI, A. (1983)** « Les représentations en biologie et les objectifs de la pédagogie : digérer ou régurgiter ? » in *Quels types de recherche pour rénover l'éducation en sciences expérimentales ?*, *Cinquième Journées internationales sur l'Education Scientifiques* (Chamonix), A. Giordan et JL Martinand éd. Université Paris VII, pp. 453-459.

**CLEMENT, P., SHEPS, R. & STEWART, J. (1997)** *Une interprétation biologique de l'interprétation, Umwelt et interprétation*, in « *Herméneutique : textes, sciences* », J.M. Salanskis, F. Rastier, R. Sheps, PUF, coll.Philosophie d'aujourd'hui, Cerisy, pp. 209-232.

**CLERC, F. (1996)** *Profession et formation professionnelle, Représentations des professeurs stagiaires en formation à l'IUFM de Lorraine*, in *Recherche et formation*, **23** : 87-104.

**CLOS, J. & LEGRAND, C. (1993)** *Hormones et grandes fonctions*, tome 1, Chapitre 4, Ellipses, Paris.

**CLOS, J. & MULLER, Y. (1995)** *Homéostasie et grandes régulations : sujets corrigés de physiologie*, Les cahiers de la 128, Nathan-Université, Paris.

**CLOS, J. & MULLER, Y. (1997)** *Neurobiologie cellulaire. Fonctions sensorielles*, sous la direction de Eric Périlleux, Les cahiers de la 128, Nathan-Université, Paris.

**CLOS, J. & MULLER, Y. (1998)** *Le système nerveux central : motricité et grandes fonctions*, sous la direction de Eric Périlleux, Les cahiers de la 128, Nathan-Université, Paris.

**CLOS, J. & MULLER, Y. (1999)** *Organisation fonctionnelle de la cellule : sujets corrigés de biologie*, sous la direction de Eric Périlleux, Les cahiers de la 128, Nathan-Université, Paris.

**COBERN, W. (1996)** *Constructivism and non-western science education research*, *International journal of science education*, **18-3**: 295-310.

**COLLINS, A., BROWN, J. S. & NEWMAN, S. E. (1989)** Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In Resnick, L. B. (Ed.), *Knowing, learning, and instruction: Essays in honor of Robert Glaser*. (pp. 453-494). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

**CÔTE, C. (2000)** *Résolution de problèmes*, Chenelière/McGraw-Hill, Montréal-Toronto.

**D'HAINAUT L. (1986)** *L'interdisciplinarité dans l'enseignement général*, (Etude de Louis D'Hainaut à la suite d'un colloque international sur l'interdisciplinarité dans l'enseignement général organisé à la Maison de l'Unesco, juillet 1985). Paris : Unesco/division des sciences de l'éducation, des contenus et des méthodes.

**DE BUEGER-VANDER BORGHT, C. & LAMBERT J. (1994)** Des représentations spatiales de concepts: pour quoi faire? Recherches sur la communication et l'apprentissage des sciences et des techniques, *Didaskalia*, INRP et Université Laval, **5** : 73-89.

**DE LA GARANDERIE, A. (1991)** *La Gestion mentale*, Tome I, le Centurion Paris.

**DE LANDSHEERE, V. (1992)** Collection Premier cycle, *L'éducation et la formation*, Presses universitaires de France, Puf, Paris.

**DE LANDSHEERE, V. et G. (1976)** *Définir les objectifs de l'éducation*, PUF, 202-221.

**DE ROSNAY, J. (1975)** *Le microscope*, Collection Poche Essais, Seuil, Paris.

*DE ROSNAY, J. (1998) Concepts et opérateurs transversaux, in Les défis de la complexité, Journées thématiques conçues et animées par Edgar Morin, Relier les connaissances, Seuil, Paris, pp. 397-402.*

*DE SINGLY, F. (1992) L'enquête et ses méthodes: Le questionnaire, Coll 128, Nathan, Paris.*

**DE VECCHI, G. & GIORDAN, A. (1994)** L'enseignement scientifique : comment faire pour que ça marche ? , *Z'édition*.

**DE VECCHI, G. & MAGNALDI, NC. (1996)** *Faire construire des savoirs*, « éducation », Hachette, Paris.

**DEESE, J. (1965)** *The structure of associations in language and thought*, Baltimore: Johns Hopkins Press.

**DELATTRE, P. (1971)** *Système, structure, fonction, évolution*, Maloine-Doin, Paris.

**DELORME, C. (1987)** *Evaluer autrement pour assurer une formation meilleure. Est-ce possible ?* In. L'évaluation en question, C. Delorme (dir), CEPEC, ESF, Paris. Édition : 1990, pp. 21- 35.

**DEMOL, J.N. (2003)** *Didactique et transdisciplinarité*, L'Harmattan, Paris.

**DEMOUNEM, R. & ASTOLFI, J.P. (1996)** *Didactique des sciences de la vie et de la terre*, « pédagogie », Nathan, Paris.

**DEPOVER, C. & MARCHAND, L. (2002)** *E-learning et formation des adultes en contexte professionnel*, De Boeck, Bruxelles.

**DES MARCHAIS, J.E., DUMAIS, B. & PIGEON, G. (1988)** *Changement majeur du cursus médical à l'université de Scherbrooke*. Première partie : raisons et étapes du changement. *Rev. Educ. Med*, **11-4** : 5-12.

**DESBEAUX-SALVIAT, B. (2000) Réductionnismes en biochimie, éclairage épistémologique et didactique, Aster, INRP, Paris, 30 : 9-37.**

**DESCARTES, R. (1637) Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences, Granier- Flammarion, Paris, Edition 1966.**

**DEVELAY, M. (1989) La didactique des sciences, en collaboration avec Jean-Pierre Astolfi, PUF, Que sais-je ?, Paris.**

**DEVELAY, M. (1994) Collection pédagogie (dir) Philippe Meirieu, Peut-on former les enseignants ? ESF, Paris.**

**DILTHEY, W. (1883). Ouverture dans les lettres : tentative d'une mise de base pour l'étude de la société et de l'histoire. Wilhelm Dilthey, écritures rassemblées. Volume Ième Stuttgart: B.G. Teubner maison d'édition; Goettingen: Vandenhoeck et Ruprecht, 1962.**

**DOLMANS, D.H.J.M. (1994) How students learn in a problem-based curriculum, Maastricht: Universitaire Pers Maastricht.**

**DOUADY, R. (1986) Jeux de cadres et dialectique outil-objet, Recherches en Didactique des Mathématiques 7-2 : 5-31.**

**DUCH, B., GROH, S. & ALLEN, D. (2001) The Power of Problem-Based Learning, Stylus Publishing, LLC, Virginia, USA.**

**DUCROS, B. (1989) Le concept de circulation du sang : Productions d'outils didactiques. Thèse de doctorat en didactique des sciences, Tome 1, Université de Paris VII.**

**DUPONT, P. (2002) Faire des enseignants, De Boeck, Bruxelles.**

## E

**EL HAGE, F. (2001) L'enseignement de la physiologie: entre simplification et complexité, Mémoire de DEA en construction des savoirs scientifiques, Université de Montpellier 2.**

## F

**FABRE, M. (1995) Bachelard éducateur, PUF, Paris.**

**FABRE, M. (1999) Situations-problèmes et savoir scolaire, Presses Universitaires de France, Paris.**

**FAVRE, C. & FAVRE, D. (1991) Naissance du quatrième type : Une approche transdisciplinaire de l'évolution humaine, Le Souffle d'Or, Baret-le-Bas.**

**FAVRE, D. & LENOIR, Y. (2005) La didactique entre simplification et prise en compte de la complexité, à paraître dans : LENOIR Y., LESSARD C. & LEGAULT F. (dir), « L'articulation didactique-pédagogique, un enjeu de formation à l'enseignement ?**

*L'enseignement de la matière dans le contexte du travail pédagogique en classe, Québec, Presses de l'Université Laval. (à paraître)*

**FAVRE, D. (1985)** *L'hologrammorphisme cérébral, in La pensée : approche holographique*, dans Pinson G., Demailly A. & Favre D. (Dir), Presses universitaires de Lyon, 73-86.

**FAVRE, D. (1995)** Conception de l'erreur et rupture épistémologique, *Revue Française de Pédagogie*, 111 :85-94.

**FAVRE, D. (1996)** *L'apparement : un mode de relation au monde humain et non humain que pourrait développer l'enseignement de la biologie*, *Tréma 9-10*: 45-52, *IUFM Montpellier*.

**FAVRE, D. (1997)** *Des Neurosciences aux sciences de l'Education: contribution à une épistémologie de la variance*, *Thèse de Doctorat en Sciences de l'Education, université Lyon 2, Presses Universitaires du Septentrion (1998)*.

**FAVRE, D. (2000a)** *La dimension affective dans l'apprentissage des sciences*, In. Didactique de la biologie, recherches, innovations, formations, ENS, Algérie, pp. 83-94.

**FAVRE, D. (2004)** *Pour décontaminer l'erreur de la faute dans les apprentissages*, *Psychologie de la motivation, Cercle d'études Paul Diel, 36* :100-125.

**FAVRE, D. et FAVRE, C. (2000b)** *L'élève « morcelé » est-il encore un sujet ?* In La dimension affective dans l'apprentissage et la formation, Ed. G. Chappaz, Université de Provence -CRDP- Marseille, pp. 53-87.

**FOSSATI, J. & REYNAUD, C. (2005)** Communication au Colloque : Les processus de conceptualisation en débat : hommage à Gérard Vergnaud. *Ardéco*, 28-31 Janvier 2004, Paris : 12 pages. Actes en cours de parution.

**FOUREZ, G. (1988)** *La construction des sciences*. Bruxelles/Paris : De Boeck Université.

**FOUREZ, G. (1992)** *La construction des sciences. Les logiques des interventions scientifiques. Introduction à la philosophie et à l'éthique des sciences* (2<sup>o</sup>éd. Revue). Bruxelles : De Boeck Université (1<sup>o</sup>éd. 1988).

**FOUREZ, G. (1994)** *Alphabétisation scientifique et technique*. Bruxelles : De Boeck Université.

**FOUREZ, G. (1995)** *Qu'entendre par « îlot de rationalité » ? et par « îlot interdisciplinaire de rationalité » ?*, *Aster, Enseignants et élèves face aux obstacles, N° 25, INRP, Paris, pp. 217-225*.

**FOUREZ, G. (1997)** *Qu'entendre par « îlots de rationalité » ? et par « îlot interdisciplinaire de rationalité » ?* *Aster, 25* :217-225.

**FOUREZ, G., ENGLEBERT-LECOMTE, V. et MATHY, P. (1997)** *Nos savoirs sur nos savoirs : un lexique d'épistémologie pour l'enseignement*, *Bruxelles, De Boeck*.

**FREUD, S. (1917)** *Nouvelles conférences d'introduction à la psychanalyse*, *Paris, Gallimard. (Édition 1994)*.

**GLASER, R., & BASSOK, M. (1989)** *Learning theory and the study of instruction*, *Annual Review of Psychology*, 40: 631-666.

**GALLAGHER, S.A., STEPIEN, W.J., et al. (1992)** *The effect of problem-based learning on problem solving*, *Gifted Child Quarterly*, 36 -4: 195-200.

**GAL-PETITFAUX, N. et SAURY, J. (2002)** *Analyse de l'agir professionnel en éducation physique et en sport dans une perspective d'anthropologie cognitive*, *Revue française de pédagogie*, 138 : pp.51-61.

**GARDNER, H. (1997)** *Les formes de l'intelligence*, *Edition Odile Jacob, Paris*.

**GARNER, R. (1990)** *When children and adults do not use learning strategies: towards a theory of settings*, *Review of Educational Research*, 60: 517-529.

**GARRETT, R.M., & SATTERLY, D. ET GIL PEREZ, D. & MARTINEZ-TORREGROSA, J. (1990)** *Turning exercises into problems: an experimental study with teachers in training*, *International Journal of Science Education*, 12-1: 1-12.

**GERVET, J. & THERAULAZ, G. (1988)** *Les systèmes biologiques existent-ils ?*, in « *Le tout de la partie* », sous la direction de J. Gervet et E. Tête, publication de l'Université de Provence, pp.41-56.

**GILLET, P. (1986)** *Utilisation des objectifs en formation ; contexte et évolution*, *Education permanente*, 85 : 17-37.

**GINET, D. (2000)** *Pour mettre enfin l'affect à sa place !* In *La dimension affective dans l'apprentissage et la formation*, Ed. G. Chappaz, Université de Provence -CRDP-Marseille, pp. 21-35.

**GIORDAN, A & DE VECCHI, G. (1987)** *Les origines du savoir*, *Delachaux et Niestlé, Paris*.

**GIORDAN, A & DE VECCHI, G. (1990)** *L'enseignement scientifique : comment faire pour que ça marche ? Z édition, Nice*.

**GIORDAN, A. (1978)** *Une pédagogie pour les sciences expérimentales, le centurion, Paris*.

**GLASER, R. & BASSOK, M. (1989)** *Learning theory and the study of instruction*, *Annual Review of Psychology*, 40: 631-666.

**GOBRY, D. (1999)** *Eduquer à la confiance en soi, en l'autre, aux autres*, *Chronique Sociale, Lyon*.

**GOLEMAN, D. (1997)** *L'intelligence émotionnelle*, *Laffont, Paris*

**GUYON, J. (1987)** *Travail autonome au lycée et élaboration du concept de respiration*, *Aster*, 4: 155-177, *INRP, Paris*.

## H

**HALBWACHS, F. (1975)** La physique du maître entre la physique du physicien et la physique de l'élève, In *Revue Française de Pédagogie*, **33**, Paris : INRP.

**HAMEL, J. (1999)** *L'interdisciplinarité : le mot, la chose et ses enseignements*, Document du GRIFE, n°6, « Faculté d'éducation », Université de Sherbrooke.

**HASNI, A. et LENOIR, Y. (2004)** *La représentation de l'interdisciplinarité chez les formateurs d'enseignants du primaire : les résultats d'une préexpérimentation*, In : Les enseignants du primaire entre disciplinarité et interdisciplinarité : quelle formation didactique ? Sous la direction de : Sachot M. et Lenoir Y., Presses de l'Université Laval, Canada.

**HIGELE, P. (1998)** Le transfert en éducatibilité, *Revue française de Pédagogie*, N°122, pp. 113-120.

**HOC, J.M. (1992)** *Psychologie cognitive de la planification*, Presses Universitaires de Grenoble, Grenoble.

**HURTING, M. & RONDAL, J.A. (1981)** *Introduction à la psychologie de l'enfant (Tome 1)*, Liège : Mardaga.

## I

**ILLICH, I. (1971)** *Une société sans école*, « points », Seuil, Paris.

## J

**JACOBI D., BOQUILLON M., PREVOT P., (1994)** Les représentations spatiales de concepts scientifiques : inventaire et diversité, Recherches sur la communication et l'apprentissage des sciences et des techniques, *Didaskalia*, INRP et Université Laval, **5**: 11-23.

**JOHSUA, S. & DUPIN, J.J (1993)** *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*, Paris, PUF.

**JONNAERT, Ph. (2002)** *Compétences et socioconstructivisme, Un cadre théorique*, De Boeck, Bruxelles.

**JONNAERT, Ph. et VANDER BORGHT. (1999)** *Créer des conditions d'apprentissage : un cadre de référence socioconstructiviste pour une formation didactique des enseignants*, De Boeck, Bruxelles

**JORRO, A. (2000)** *L'enseignant et l'évaluation, Des gestes évaluatifs en question*, De Boeck, Bruxelles.

**JOSHI, S.M. & THOMAS, V.D. (1991)** Innovations in teacher education-The Indian context. *Action in Teacher Education*, **13-3**: 11-15.

## K

**KESSERWANI, S. (2000)** *Etude des conceptions des élèves de troisième à propos de la digestion. Proposition d'une aide didactique*, DES en didactique de la Biologie, sous la direction de I. KHALIL, Université Libanaise.

**KITANO, H. (2002)** Systems Biology: a brief overview, *Science*, Vol 295, Issue 5560.

**KUHN, T. (1983)** *La structure des révolutions scientifiques*, Champs Flammarion, Paris.

## L

**LAFORTUNE, L., DEAUDELIN, C. & DESLANDES R. (2001)** *Formation à l'accompagnement dans une optique réflexive et métacognitive*, In : La formation continue, de la réflexion à l'action, sous la direction de Lafortune L., Deaudelin C., Doudin P.A., Martin D., Presses de l'Université du Québec.

**LAFORTUNE, L., DEAUDELIN, C. DOUDIN P.A. & MARTIN, D. (2001)** *La formation continue, de la réflexion à l'action*, Presses de l'Université du Québec.

**LAFORTUNE, L., JACOB, S., HEBERT, D. (2000)** *Pour guider la métacognition*, Sainte-Foy, Presses de l'Université du Québec.

**LANG, V (1999)** *La professionnalisation des enseignants : sens et enjeux d'une politique institutionnelle*, Presses Universitaires de France, Paris.

**LAVARDE, A. (1992)** *Contribution à l'étude de la schématisation dans l'enseignement de la circulation sanguine*, Thèse de doctorat en Didactique (option didactique de la Biologie et de l'éducation à l'environnement), Université de Paris VII.

**LE MOIGNE, J.L. (1998)** *Complexité et système*, in *Journées thématiques conçues et animées par Edgar Morin, Relier les connaissances*, Seuil, Paris, pp.435-441.

**LEGENDRE-BERGERON, M.F. (1980)** *Lexique de la psychologie du développement de Jean Piaget*, Gaëtan Morin Editeur.

**LEHMANN, JC. (1997)** De la gestion de la complexité à un corpus de « sciences de l'action », In *Savoirs théoriques et savoirs d'action*, sous la direction de Jean-Marie Barbier, Education et formation, PUF, Paris, pp.147-305.

**LENOIR Y, GEOFFROY, Y & HASNI, A (2001)** Entre le « trou noir » et la dispersion évanescence : quelle cohérence épistémologique pour l'interdisciplinarité ? Un essai de classification des différentes conceptions de l'interdisciplinarité, In Y Lenoir, B Rey et I Fazenda, *Les fondements de l'interdisciplinarité dans la formation à l'enseignement* (pp. 85-110), Sherbrooke : Edition du CRP.

**LENOIR Y, REY B, ROY GR, LEBRUN J. (2001)** *Le manuel scolaire et l'intervention éducative, regards critiques sur ses rapports et ses limites*, Sherbrooke : Edition du CRP, Canada.

**LENOIR, Y. & LAFOREST, M. (2004)** Préoccupations interdisciplinaires dans l'enseignement primaire québécois : éléments de contextualisation sociohistorique. In

S.Sachot et Y. Lenoir (dir.), *Les enseignants du primaire entre disciplinarité et interdisciplinarité : quelle formation didactique ?* pp.53-89. Presses de l'Université Laval, Canada.

**LENOIR, Y. & SAUVE, L. (1998a)** De l'interdisciplinarité scolaire à l'interdisciplinarité dans la formation à l'enseignement : un état de la question, (première partie), *Revue française de pédagogie*, **124** : 121-153.

**LENOIR, Y. & SAUVE, L. (1998b)** De l'interdisciplinarité scolaire à l'interdisciplinarité dans la formation à l'enseignement : un état de la question, (deuxième partie), *Revue française de pédagogie*, **125** :109-146.

**LENOIR, Y. (1991)** *Relations entre interdisciplinarité et intégration des apprentissages dans l'enseignement des programmes d'études du primaire au Québec*, Thèse de doctorat en sociologie de la connaissance (nouveau régime), Université de Paris 7.

**LENOIR, Y. (1995)** L'interdisciplinarité : aperçu historique de la genèse d'un concept. *Cahiers de la recherche en éducation*, **2-1** :227-265.

**LENOIR, Y., KLEIN, J., REY, B. & FAZENDA, I (dir). (2001)** *Les fondements à, par et pour l'interdisciplinarité dans la formation à l'enseignement*, Université de Sherbrooke, CRP.

**LEPLAT, J. (2000)** *L'analyse psychologique de l'activité en ergonomie*, Toulouse : Octares.

**LEPLAT, J. & PAILHOUS J. (1974)** Quelques remarques sur l'origine des erreurs, *Bulletin de Psychologie*, **27-312** : 729-736

**LESNE, M. (1977)** *Travail Pédagogique et Formation d'adultes*, PUF, Paris.

**LOEB, J. (1916)** *The Organism as a Whole, from a Physiological Viewpoint*. New York: The Knickerbocker Press.

## M

**MCCARTHY, J. & HAYES, P.J. (1969)** Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence. *Machine Intelligence*. Ed. Bernard Meltzer and Donald Michie. New York: American Elsevier. **4**: 463-502.

**MAGER, R.F. (1990)** *Comment définir les objectifs pédagogiques*, Bordas, Paris.

**MALGLAIVE, G. (1990)** *Enseigner à des adultes*, « Pédagogie aujourd'hui », PUF, Paris.

**MARCEL, J.F. (2002)** Le concept de contextualisation, *Revue française de pédagogie*, **138** : 103-113.

**MARIN, N. & BENARROCH, A. (1994)** A comparative study of Piagetian and constructivist work on conceptions in science, *International journal of science education*, **16-1**: 1-15.

**MARTINAND, J.L. (1986)** *Connaître et transformer la matière*, Berne, Peter Lang.

**MARTINEZ, M.L. (1989)** in *Pratiques*, **63**, Metz : CRESEF.

**MATURANA, H. & VARELA, F. (1980)** *Autopoïesis and cognition: the realization of the living*, Boston, Reidel.

**MATURANA, H.R. & VARELA, F.J. (1988)** The tree of knowledge. The biological roots of human understanding, *Boston, MA : New Science Library*.

**MAYO, P., DONNELLY, M. B., NASH, P. P., & SCHWARTZ, R. W. (1993)** Student Perceptions of Tutor Effectiveness in problem based surgery clerkship. *Teaching and Learning in Medicine*, **5-4**: 227-233.

**MEIRIEU, P. (1989)** [Apprendre](#), oui, mais comment ?, *ESF, Vrin, Paris*.

**MEIRIEU, P. (1991)** [Le choix d'éduquer. Éthique et pédagogie](#), *ESF, Paris*.

**MEIRIEU, P. et DEVELAY, M. (1992)** Emile, reviens vite... Ils sont devenus fous, *ESF éditeur, coll. Pédagogie, Paris*.

**MENDELSON, P. (1994)** *Le transfert des connaissances*, Conférence à l'université Lyon II, septembre 1994.

**MEYOR, C. (2002)** *L'affectivité en éducation*, De Boeck, Bruxelles.

**MILLER, R.C. (1992)** Segregated programs of teacher education in early childhood: Immoral and inefficient practice. *Topics in Early Childhood Special Education*, **111-4** : 39-52.

**MORIN, E. (1977)** *La Nature de la nature*, tome 1, La méthode, « Points Essais », Edition : 1980, Seuil, Paris.

**MORIN, E. (1986)** *La connaissance de la connaissance*, tome 3, La méthode, « Points Essais », Seuil, Paris.

**MORIN, E. (1990a)** *De l'interdisciplinarité*, In Centre national de la recherche scientifique, Actes du colloque « Carrefour des sciences », Session plénière du Comité national de la recherche scientifique : L'interdisciplinarité, pp 21-29, PAPCOM, Paris.

**MORIN, E. (1990b)** *Introduction à la Pensée complexe*, ESF, Paris.

**MORIN, E. (1991)** *De la complexité : complexus*, Actes du colloque de Cerisy sous la direction de Françoise Fogelman Soulié : « *Les théories de la complexité* », « la couleur des idées ».

**MORIN, E. (1994)** Sur l'interdisciplinarité, *Bulletin du Ciret*, 2 (<http://perso.club-internet.fr/nicol/ciret/>).

**MORIN, E. (1998)** *Les défis de la complexité*, in *Journées thématiques conçues et animées par Edgar Morin, Relier les connaissances*, Édition : 1999, Seuil, Paris.

**MORIN, E. (1999)** *La tête bien faite*, « L'histoire immédiate », Seuil, Paris.

## N

**NEDJEL-HAMMOU, A. (1990)** *Contribution à une didactique fondée sur l'analyse de l'erreur dans l'enseignement de la biologie : les obstacles rencontrés par les élèves de terminales dans la maîtrise du concept de réflexe*, thèse de Doctorat en didactique de la biologie et de l'éducation à l'environnement (nouveau régime), Université de Paris VII.

**NEWELL, A., & SIMON, H.A. (1961)** *GPS: A program that simulates human thought*. In H. Billings (Ed.), *Lernende automaten*. Munchen: R. Oldenbourg. pp.109-124.

**NEWELL, A., SIMON, A.H., (1972)** *Human problem solving*, Prentice Hall, Englewoods cliffs, New Jersey.

**NICOLESCU, B. (1996)** *La transdisciplinarité. Manifeste*, Ed. Du Rocher, Paris.

**NOVAK, J. D., GOWIN, D. B., & JOHANSEN, G. T. (1983)** The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school science students. *Science Education*, **67**: 625-645.

**NOVAK, J.D. & GOWIN, D.R. (1984)** *Learning how to learn*, New York: Cambridge Press.

**NOVAK, J.D. (1990)** Concept mapping: a useful tool for science education, *Journal of research in Science Teaching*, **27-10**: 937-1077.

## O

**ORANGE, C. (1997)** *Problèmes et modélisation en biologie*, PUF, Paris.

## P

**PACCAUD, M. (1991)** *Les conceptions comme levier d'apprentissage du concept de respiration*, Aster, **13** : 35-58, INRP, Paris.

**PASCAL, B. (1954)** *Oeuvres complètes I*, Gallimard, Édition 1998 Paris.

**PASTRE, P. (2002)** L'analyse du travail en didactique professionnelle, *Revue française de pédagogie*, **138** : 9-17.

**PAUL, J.J. (1993)** Les relations entre éducation et marché du travail : quelques réflexions économiques, *Revue Française de Pédagogie*, **105** : 19-30.

**PELPEL, P. (2003) Accueillir, accompagner, former des enseignants, *Chronique Sociale, Lyon.***

**PENNISI, E. (2003) *Systems biology: tracing life's circuitry, Science, Vol 302, Issue 5651, 1646-1649.***

**PERRENOUD, P. (1997) *Construire des compétences dès l'école, ESF, Paris.***

**PIAGET, J. (1924) *Le jugement et le raisonnement chez l'enfant*, Delachaux et Niestlé (édition de 1993), Neuchâtel-Paris.**

**PIAGET, J. (1967) *Biologie et connaissance*, Delachaux et Niestlé (édition de 1992), Neuchâtel-Paris.**

**PINCUS, K. V. (1995) *Introductory accounting: Changing the first course. New Directions for Teaching and Learning, 61: 88-98.***

**PINSON G., DEMAILLY A., FAVRE D. (1985) *Sciences des systèmes (dir) Algoud JP et Dufourt D, La Pensée, Approche holographique, Presses Universitaires de Lyon, Lyon.***

**PINTRICH, P., CROSS, D, KOZMA, R. & McKEACHIE,W. (1986) *Instructional psychology. Annual Review of Psychology, 37: 11-51.***

**PINTRICH, P., MARX, R. & BOYLE, R. (1993) *Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change, Review of educational research, 63-2: 167-199.***

**POCHET, B. (1995) *Le « problem based learning »: une révolution ou un progrès attendu ? Revue française de Pédagogie, 111 : 95-107.***

**POPPER, K. (1971) *La connaissance objective*, Paris, Aubier, (édition 1991).**

**PRIBRAM, K. H. (1983) *The Brain, Cognitive Commodities and the Enfolded Order, in Boulding (K.E.) et Senesh (L), ed., The Optimum Utilization of Knowledge, Westview Press,Boulder (Co), pp. 29-40.***

**PROST A. (1985) *Eloge des pédagogues, Seuil, Paris.***

## R

**RAICHVARG, D. (1987) *La didactique a-t-elle raison de s'intéresser à l'histoire des sciences ? Aster, didactique et histoire des sciences, INRP, 5 : 3-34.***

**RAYNAL, F. et RIEUNIER, A. (1997) *Pédagogie : dictionnaire des concepts clés*, ESF, Paris.**

**RESWEBER, J.P. (2000) *Le pari de la transdisciplinarité, vers l'intégration des savoirs*, L'Harmattan, Paris.**

**REY, B. (1996)** *Les compétences transversales en question*, ESF, Paris.

**REYNAUD C. & FAVRE D. (1994)** Conception de l'erreur et rupture épistémologique : de la théorie à la pratique, in *L'alphabétisation scientifique et technique*, A. Giordan, J.L. Martinand & D. Raichvarg. Chamonix (dir.) Actes des XVIèmes Journées Internationales sur la Communication, l'Éducation et la Culture Scientifiques, pp. 175-180.

**REYNAUD, C. & FAVRE, D. (1997)** Un dispositif didactique utilisant une approche conceptuelle en écologie, l'apprentissage par résolution de problèmes et le débat socio-cognitif à l'université, *Didaskalia*, **10** : 113-137.

**RICHARD, J.F. (1990)** *Les activités mentales. Comprendre, raisonner, trouver des solutions*, Paris, Armand Colin.

**ROBARDET, G. (1998)** Didactique des sciences physiques et formation des maîtres : contribution à l'analyse d'un objet naissant, *Aster*, **26** : 31-58.

**ROBERT, A. & TERRAL, H. (2000)** *Les IUFM et la formation des enseignants aujourd'hui*, Education et Formation, formation permanente éducation des adultes, PUF, Paris

**ROCHEX, J.Y., (1998)** *Expérience scolaire et travail de subjectivation*, In : Action, affects et transformation de soi, sous la direction de : Barbier J.M. et Galatanu O., PUF, Paris, pp. 193-209.

**ROGERS, C.R. (1973)** *Liberté pour apprendre ?* Paris, Dunod.

**ROSENBLATT, F. (1958)** "The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain", *Psychological Review*, **65**: 386-408.

**ROSENBLATT, F. (1962)**, *Principles of Neurodynamics: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms*, Spartan Books.

**RUIZ-PRIMO, M.A. & SHAVELSON, R.J. (1996)** Problems and Issues in the use of concept maps in science assessment, *Journal of research in science teaching*, **33-6**: 569-600.

## S

**SABER, G.F. (2001)** *Conceptions d'élèves libanais sur les relations entre les systèmes digestif, circulatoire et excréteur de l'organisme humain*, DES en didactique de la Biologie, sous la direction de A. THOUMY, Université Libanaise.

**SACHOT, M. (2001)** L'interdisciplinarité entre disciplines et curriculum : retour sur un impensé en matière de formation, In Y. LENOIR, B. REY et I. FAZENDA, *Les fondements de l'interdisciplinarité dans la formation à l'enseignement* Sherbrooke : Edition du CRP, pp.49-66.

**SAINT-GEORGES, M. (1998)** Formation des professeurs de sciences physiques par la didactique, *Didaskalia*, De Boeck, Paris, Bruxelles, **13** : 57-80.

**SARRAZY, B. (1995)** Le contrat didactique, *Revue française de pédagogie*, **112** : 85-118.

**SAUVAGEOT-SKIBINE, M. (1991)** La digestion au collège : transformation physique ou chimique ? , *Aster*, **13** : 93-110, INRP, Paris.

**SCARDAMALIA, M. & BEREITER, C. (1989)** Intentional learning as a goal of instruction. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning and instruction* Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 361-392.

**SCHMIDT H.G., MACHIELS-BONGAERTS M., HERMANS H., TEN CATE T.J., VENEKAMP R., BOSHUIZEN H.P. (1996)** The developpement of diagnostic competence: comparaison of problem-based, an integrated and a conventional medical curriculum. *Academic Medecine*, **71**: 658-664.

**SEARLE, J. (1992)** *The rediscovery of the mind*, Cambridge, MA: MIT Press.

**SERRES, M. (1992)** *Entretiens avec Bruno Latour*, Eclaircissements, François Bourin Editeur.

**SHAVELSON, R.J. (1972)** Some aspects of the correspondence between content structure and cognitive structure in physics instruction. *Journal of Educational Psychology*, **63** : 225-234.

**SOLAR, C. (2001)** *Variations sur la formation continue des personnels enseignants : une analyse comparée*, In : La formation continue, de la réflexion à l'action, sous la direction de Lafortune L., Deaudelin C., Doudin P.A., Martin D., Presses de l'Université du Québec.

**STEWART, J. (1996)** *La spécificité épistémologique de la biologie*, Trema, IUFM de Montpellier, **9-10** : 5-15.

## T

**TIBERGHIE, A. (1994)** Choix sous-jacents à la construction de représentations spatiales de concepts, Recherches sur la communication et l'apprentissage des sciences et des techniques, *Didaskalia*, INRP et Université Laval, **5** : 53-62.

**TRIBOLLET, B., LANGLOIS, F & JACQUET, L. (2000)** Protocoles d'emploi des cartes conceptuelles au lycée et en formation des maîtres, *TREMA*, IUFM de Montpellier, pp. **18** : 61-78.

**TURING, A.M. (1936)** On computable numbers with an application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings of the London Mathematical Society*, **42-2**: 230-265. Traduction française dans A.M. Turing, J.Y. Girard (1995), *La machine de Turing*, Seuil, Paris, pp : 49-104.

## V

- VARELA, F. (1989a)** *Autonomie et connaissance, Essai sur le vivant*, Seuil, Paris.
- VARELA, F. (1989b)** *Connaître les sciences cognitives*, Tendances et perspectives, Seuil, Paris.
- VERGNAUD, G. (1990)** La théorie des champs conceptuels, *Recherches en didactique des mathématiques*, **10** : 133-170.
- VERNON, D.T.A. & BLAKE, R.L. (1993)** Does problem-based learning work? A meta-analysis of evaluative research, *Academic Medicine*, **68-7**: 550-563.
- VERRET, M. (1975)** *Le temps des études*, Paris : Honoré Champion.
- VIAL, M. (1991)** *Instrumenter l'auto-évaluation : contribution à la pensée complexe des faits d'éducation*, Thèse de Doctorat (nouveau régime) en Sciences de l'éducation, Université de Provence, Aix-Marseille I.
- VIAL, M. (2001)** *Se former pour évaluer, se donner une problématique et élaborer des concepts*, De Boeck, Bruxelles.
- VIDAL, C. (2001)** Quand l'idéologie envahit la science du cerveau. In *La Recherche* Hors-série, **6** : 75-79.
- VON BERTALANFFY, L. (1968)** *Théories générales des systèmes*, Dunod, Paris.
- VUALA, J. (1991)**. *Le rôle d'un dessin animé dans l'évolution des conceptions d'élèves sur la respiration*, Aster, **13** : 7-34, INRP, Paris
- VYGOTSKY, L.S. (1978)** *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*, Cambridge, Harvard University Press.
- VYGOTSKY, L.S. (1985)** *Pensée et langage*, Editions sociales, Paris.

## W

- WALLON, H. (1942)** *De l'acte à la pensée*, réédition Flammarion, 1970, Paris.
- WEIL-BARAIS, A. (1993)** *L'homme cognitif*, Paris, PUF.
- WEISS, P. (1974)** *L'archipel scientifique*, Malione, Paris.
- WIENER, N. (1948)** *Cybernetics*, Paris.
- WINNE, P. & MARX, R. (1989)** A cognitive-processing analysis of motivation with classroom tasks. In C. Ames & R. Ames (Eds), *Research on motivation in education*, **3**: 223-257.

## Y

**YAGER, R.E. (1991)** *The constructivist learning model*, The science teacher, pp.52-57.

**YATCHINOVSKY, A. (1999)** *L'approche systémique pour gérer l'incertitude et la complexité*, ESF (édition 2000), Paris.

---

**RESUME en français :** L'identification du problème de morcellement des connaissances en physiologie en 2001 en France et en 2002-2003 au Liban a fait l'objet de plusieurs analyses. Les élèves de Cinquième et de Seconde comme d'ailleurs leurs enseignants mobilisent peu de liens entre les différents systèmes physiologiques étudiés d'une part et avec le système nerveux d'autre part. La relation entre tous ces systèmes et les besoins des cellules du corps est généralement absente, d'où les difficultés rencontrées par les élèves à mobiliser les concepts enseignés pour résoudre des problèmes. Les obstacles didactiques, épistémologiques et psychologiques mis en évidence dans ce travail de recherche pourraient constituer des éléments d'explication à ce cloisonnement des connaissances. Cependant, ces obstacles pourraient être franchis si la formation des enseignants en faisait un objectif pédagogique. En effet, à la suite d'une session de formation des enseignants à « *l'enseignement de la physiologie selon le paradigme de la complexité* », l'échantillon d'élèves dont les enseignants ont participé à la session et ont expérimenté l'apprentissage par résolution de problèmes (ARP) a été comparé à l'échantillon d'élèves témoins dont les enseignants n'ont pas été formés à la complexité. Des différences significatives ont été obtenues : la prise en compte de la complexité et de l'enseignement par problèmes ont permis aux élèves de mobiliser plus de liens entre les différents concepts enseignés en physiologie et de prendre plus de risque pour résoudre les problèmes qui leur ont été proposés. La prise en compte de la part de l'affectivité dans l'apprentissage et une relation à l'erreur « décontaminée de la faute » ont permis aux enseignants et ensuite à leurs élèves d'entretenir un nouveau rapport aux savoirs et une attribution de sens aux concepts enseignés.

---

**TITRE en anglais: Parceling out of knowledge in physiology: From report to remediation**

Integration of the paradigm of complexity in the study of the construction of the links between various concepts taught in physiology, on the levels of the teaching practices and the productions of the pupils.

---

**RESUME en anglais:** the identification of the problem of parceling out of knowledge in physiology in 2001 in France and 2002-2003 in Lebanon has been the object of several analytical studies. Grade 7 and 10 students as well as their respective teachers apply little connection between the various physiological systems and the nervous system. The relation between all these systems and the needs of the cells of the body is generally absent. Thus, it is difficult to apply the learned concepts to resolve problems. The didactic obstacles, as well as the epistemological and psychological ones, emphasized in this research can include elements of explication for this hindrance of knowledge. However, these obstacles can be overcome if teachers were trained with complexity. Indeed, a study was conducted where in one hand a group of teachers attended a training session "*the teaching of physiology according to the paradigm of complexity*" where they acquired new techniques as "problem based learning" (PBL) and later applied them in classroom; and on the other hand another group of teachers didn't participate at the session. The results showed a great gap between students whose teachers attended the workshop and those who didn't. The teachers who took into account complexity taught the students to use more connections with the different concepts learned in physiology, and to have enough confidence to take more risks in order to solve additional problems. Taking in consideration both the role of affectivity in the learning process, as well as the relationship with error "free of the guilt complex of mistake" have allowed teachers and later on students to have a different approach of knowledge. They have thus given meaning to concepts they have learned.

---

**DISCIPLINE: Didactique de la Biologie**

**MOTS-CLES:** Liens intradisciplinaires, Apprentissage par résolution de problèmes, Complexité, Approche systémique, Physiologie et système nerveux Formation des enseignants, dimension affective de l'apprentissage, Epistémologie de l'erreur.

---