

# UN JEU DE RÔLE SUR UNE CONTROVERSE SOCIO-SCIENTIFIQUE ACTUELLE : *Une stratégie pour favoriser la problématisation ?*

Virginie Albe

*Afin de contribuer à la compréhension de la façon dont les élèves appréhendent des controverses socio-scientifiques actuelles, nous avons mis en œuvre en classe une étude sur la question de la dangerosité des téléphones cellulaires avec des élèves de 1<sup>re</sup> de série technologique de l'enseignement agricole. Au cours de cette activité, les élèves ont étudié des extraits de recherche et élaboré des arguments. Dans cet article, nous analysons comment cette situation d'enseignement peut amener les élèves à s'engager dans une activité de problématisation de cette controverse.*

## 1. INTRODUCTION

questions  
socio-scientifiques...

Dans la perspective d'une alphabétisation scientifique générale pour tous (Fensham, 2002), une des voies proposées dans de nombreux pays concerne l'introduction dans les programmes de questions socio-scientifiques. Il s'agit par exemple d'amener les élèves à débattre du réchauffement du climat, à prendre position sur des questions scientifiques actuelles comme l'enfouissement ou le retraitement des déchets nucléaires, les modes de production d'énergie...

...pour une éducation  
citoyenne

Dans le cadre de la mise en place de nouveaux programmes dans les filières de l'enseignement agricole en 2000, l'accent a été mis sur « *l'analyse contradictoire de la fiabilité des connaissances (exemples actuels des OGM, effet de serre...)* (1) » Il est précisé que « *les étudiants poursuivront à cette occasion le développement de leur conscience citoyenne* » (ib.). Par exemple en classe de terminale du baccalauréat technologique série *Sciences et technologies de l'agronomie et de l'environnement* (STAE), le référentiel de formation indique que « *l'objectif est de faire prendre une conscience aiguë des conséquences peut-être dramatiques et irréversibles des actions humaines sur l'environnement. Le rôle du professeur est d'apporter des informations aussi fiables que possible afin de nourrir une réflexion objective à finalités citoyennes. [...] Ces études de cas (l'eau, le climat) sont l'occasion d'exercer la rigueur scientifique et l'esprit critique.* »

Dans la filière scientifique de l'enseignement agricole pour l'enseignement de l'énergie nucléaire en classe de première,

---

(1) Note de service du ministère de l'Agriculture et de la Pêche n° 2000-2072 datée du 18 juillet 2000.

l'« objectif est de sensibiliser le public au “fait social” que constitue l'utilisation de l'énergie nucléaire ». Ces questions correspondent aux finalités de l'enseignement scientifique d'amener les élèves « à participer à des choix citoyens sur des problèmes où la science est impliquée » (BO, 1999), rejoignant ainsi des perspectives d'éducation citoyenne.

problèmes complexes, incertains, controversés...

Ces problèmes font l'actualité des sciences et sont également au cœur de débats de société. Ils soulèvent de nombreuses questions et sont matière à controverses, dans les savoirs de référence comme dans les savoirs sociaux, ce qui a conduit à les qualifier de questions scientifiques socialement vives (Legardez & Alpe, 2001). Leur traitement en classe constitue également des situations-problèmes dans la mesure où dans le cas de controverses socio-scientifiques actuelles, les élèves se trouvent confrontés à des savoirs en développement, hésitants, incertains, controversés. Face à cette « science en train de se faire », il ne peut exister de réponse unique. Les prises de décision ne peuvent se fonder uniquement sur des savoirs technoscientifiques, elles s'appuient également sur des savoirs éthiques, économiques, politiques, juridiques (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996 ; Grace & Ratcliffe, 2002 ; Jimenez-Alexandre & Pereiro-Muñoz, 2002 ; Kölsto, 2001).

...de la « science en train de se faire »

L'enseignement de tels problèmes scientifiques actuels rompt ainsi avec la tradition d'enseignement des sciences (Aikenhead, 2003). Face à la science-savoir des manuels, ces problèmes nous confrontent avec la science-ignorance des laboratoires. Pour Berlan (2002) en effet ces problèmes sont avant tout ignorance et interrogations. Le traitement de questions d'actualité permet alors de rejoindre des préoccupations personnelles des élèves tant la vivacité de ces controverses dans la société les rendent prégnantes dans leur environnement social et médiatique (Legardez & Alpe, 2001). Certaines questions peuvent de plus concerner directement les élèves dans leur vie quotidienne, comme par exemple l'utilisation de téléphone portable dans l'étude que nous présentons ici. Ces controverses technoscientifiques constituent ainsi un facteur attrayant pour les élèves. Cependant, ces problèmes sont complexes, font appel à différents domaines (éthique, économique, politique, etc.), et dans le contexte de savoirs scientifiques en développement incertains et controversés, élèves et enseignants peuvent être déstabilisés par l'absence de résultats empiriques définitifs (Hind, Leach & Ryder, 2001). L'étude de telles controverses par les élèves constitue alors un phénomène complexe. Comment les élèves les appréhendent ? Quelles situations peuvent favoriser l'engagement des élèves dans une activité de problématisation de ces controverses ?

## 2. ÉTUDE DE CONTROVERSES SOCIO-SCIENTIFIQUES

développer  
la compréhension  
de la nature  
de la controverse

Des auteurs ont proposé l'étude en classe de controverses socio-scientifiques pour l'action et la réflexion dans la perspective d'une éducation aux sciences citoyenne. Pour Pedretti et Hodson (1995), il s'agit de former des citoyens critiques dans une visée de reconstruction sociale et d'action politique. Pour Bader (2003), « *le but est bien d'outiller les jeunes citoyens afin qu'ils se considèrent aptes à participer aux controverses sociotechniques et à négocier avec les savoirs experts* ». Selon Driver, Newton et Osborne (2000), « *développer l'argumentation en classe de sciences autour de questions controversées représente en ce sens un enjeu éducatif important pour la démocratisation des technosciences* ».

Pour d'autres, l'enjeu éducatif est de faire comprendre la nature des sciences. « *La société gagnerait d'une éducation aux sciences qui encouragerait les élèves, citoyens d'aujourd'hui et de demain à adopter un point de vue plus réaliste sur les sciences : reconnaître la nature hésitante des sciences et leurs possibilités à résoudre les problèmes* » (Oulton, Dillon & Grace, 2004). Ces auteurs suggèrent que la nature controversée de ces questions socio-scientifiques doit être comprise par les élèves et les enseignants et que cela devrait être le cœur de l'acte éducatif. Ils soulignent le « *besoin de soutenir le développement de citoyens scientifiquement alphabétisés et aptes à s'engager effectivement dans des controverses* ». Pour ces auteurs, « *développer une compréhension de la nature de la controverse et la capacité à s'y confronter est plus important que développer la compréhension des élèves d'une question particulière per se* ». (Oulton, Dillon & Grace, 2004).

quelles situations  
pour favoriser  
la problématisation  
de ces controverses  
par les élèves ?

Il ne s'agit pas en effet d'utiliser une controverse socio-scientifique comme une accroche motivante pour les élèves et s'en servir de prétexte à l'introduction d'un apprentissage conceptuel. Ce que l'on ferait par exemple si l'on présentait aux élèves la question problématique suivante : « *les téléphones cellulaires sont ils dangereux pour la santé ?* » pour ensuite étudier le fonctionnement techno-scientifique de la téléphonie mobile.

Mais il ne s'agit pas non plus d'élaborer et de mettre en œuvre en classe des protocoles expérimentaux qui permettraient d'éliminer certaines hypothèses, d'en conserver d'autres, de réaliser des mesures et *in fine* d'apporter une réponse au problème posé. Cette approche d'enseignement par situations-problèmes est de nature à favoriser l'apprentissage des élèves, comme en témoignent de nombreux travaux en didactique des sciences. Cela permet également de faire appréhender aux élèves la nature des démarches expérimentales et le rôle de l'expérimentation dans l'élaboration des savoirs scientifiques. Comme le soulignent Dumas-Carré et Gomatos (2001), la résolution de problèmes est un des grands axes de recherche de la didactique des sciences. Mais ces auteurs

- indiquent également qu'en raison de difficultés méthodologiques, peu de travaux ont concerné la résolution en groupes. Pour Goffard (1990), les problèmes étudiés par les recherches sont de deux types :
- le débat
- « *d'une part, des recherches visant à mettre au point des techniques et à enseigner des procédés de résolution pour des problèmes classiques, comme ceux que l'on trouve dans les manuels scolaires,*
  - *d'autre part, des recherches qui explorent la possibilité d'utiliser des problèmes pour faire apprendre les concepts de physique aux élèves, en redéfinissant les problèmes eux-mêmes ainsi que les rôles respectifs du maître et des élèves.* »
- pour favoriser la construction sociale des connaissances

Cet article s'inscrit dans ce deuxième courant mais il ne s'agit pas ici de faire apprendre aux élèves des concepts de physique. Dans le cas de controverses socio-scientifiques actuelles, les expertises scientifiques sont en conflit, les discours sont contradictoires et les incertitudes nombreuses. Leur enseignement constitue des situations-problèmes particulières. Selon les finalités éducatives que l'on cible, il peut s'agir de contribuer à la formation socio-épistémologique des élèves. Par exemple, leur permettre de comprendre la nature de la recherche scientifique, d'appréhender le rôle essentiel des incertitudes, du débat et de la construction rhétorique dans l'élaboration des savoirs, de comprendre les caractéristiques et les limites des preuves scientifiques.

D'autres travaux ont concerné un mode didactique appelé *débat scientifique* dans la classe (Johsua & Dupin, 1989). La fonction du problème dans le débat a notamment fait l'objet d'études (Orange, 1997). Pour Orange (2003), « *les savoirs scientifiques sont des savoirs raisonnés, résultants de la construction de problèmes explicatifs* » et le débat vise le dépassement « *d'une connaissance commune, d'une opinion non questionnée, à un savoir scientifique, possédant un certain degré de nécessité. Les fonctions de ce débat ne se limitent pas alors à l'explication et à la fissuration des conceptions : c'est avant tout la construction de raisons-contraintes et nécessités portant sur les solutions possibles qui est visée.* »

problématisation  
parmise  
en discussions sociale  
de la controverse

De notre part, nous considérons les savoirs comme répondant à des contextes, des projets ou des problèmes différents. Dans l'esprit des approches socio-constructivistes, le débat vise ici la construction sociale des connaissances. L'activité de problématisation est liée à l'élaboration collective par les élèves d'un ensemble de représentations de la controverse. Lors de la mise en discussion sociale de la controverse, les interactions sociales peuvent conduire à des conflits socio-cognitifs lorsque les élèves prennent en compte le point de vue d'autrui, acceptent de se décentrer par rapport à leurs propres représentations et surmontent les conflits. Cependant comme le soulignent Schneeberger et Ponce (2003), « *pour être efficaces, les situations faisant appel au conflit socio-cognitif*

comment les élèves argumentent-ils ?

*doivent obliger les partenaires à résoudre le conflit non pas sur le plan relationnel (soumission sociale) mais sur le plan cognitif. Le cas échéant, ce type d'interaction est peu bénéfique pour celui qui se soumet à la proposition des autres* ». Au contraire, Schneeberger et Ponce (2003) indiquent que « *dans certains cas, on assiste à une véritable co-construction d'une solution par apports successifs des partenaires sans désaccords* ». Regrouper des élèves en petits groupes de discussion ne constitue pas nécessairement un dispositif qui favorise un processus de co-construction des connaissances dans la mesure où dans de nombreuses situations les sujets abandonnent leur représentation ou l'imposent à autrui.

comment les élèves construisent-ils des preuves en groupes de discussion ?

Ainsi, dans cet article, nous avons exploré les possibilités et les limites d'un jeu de rôle pour permettre aux élèves d'appréhender une controverse socio-scientifique. Les jeux de rôle sont couramment utilisés par des didacticiens des sciences européens (Kölsto, 2001 ; Lewis & Leach, 2004 ; Mork & Jorde, 2003 ; Patronis, Potari & Spiliotopoulou, 1999) ainsi que dans notre unité de recherche (Simonneaux, 2001a). Nous avons étudié ici dans quelle mesure la préparation en classe par des groupes d'élèves d'un jeu de rôle sur l'éventuelle dangerosité des téléphones cellulaires leur permet de s'engager dans une activité de problématisation de la controverse. En particulier, nous avons tenté d'identifier comment les élèves problématisent les savoirs issus de la recherche et comment ils construisent leurs arguments. Pour Orange (2003), des argumentations de preuve visant à établir l'impossibilité ou la nécessité d'un énoncé explicatif sont au cœur de la problématisation. Ainsi, nous avons tenté de cerner comment les élèves argumentent et construisent des preuves lors de discussions en groupes dans le contexte de la préparation d'un jeu de rôle sur une controverse socio-scientifique.

### 3. MÉTHODOLOGIE

#### 3.1. Préparation en classe du jeu de rôle

jeu de rôle

Nous avons réalisé en classe une étude de la question controversée de la dangerosité des téléphones cellulaires avec des élèves de 1<sup>re</sup> de série technologique de l'enseignement agricole. Du point de vue méthodologique, le format d'investigation privilégie l'aménagement d'un contexte de discussion entre élèves à propos de cette controverse socio-scientifique.

autour de la dangerosité des téléphones cellulaires

Afin de favoriser la formation socio-épistémologique des élèves de l'enseignement secondaire, des situations d'enseignement sur des questions socio-scientifiques controversées ont été proposées (Leach, 2001). « *Les téléphones cellulaires sont-ils dangereux pour la santé ?* » est une situation-débat (Albe & Simonneaux, 2003) inspirée d'un module de formation développé par un groupe de chercheurs et d'enseignants pour

étude dans deux  
petits groupes  
de discussion...

...de textes issus  
de recherches  
en cours

permettre aux élèves de développer leur compréhension et l'évaluation de la qualité de données scientifiques (Hind, Leach, Ryder & Prideaux, 2001).

Nous avons conduit cette étude de la question controversée de la dangerosité des téléphones cellulaires avec une classe de douze élèves de série technologique de l'enseignement agricole (STAE) (2) pendant une séance ordinaire d'environ deux heures (3). Cette étude s'est déroulée de la façon suivante.

En introduction, le thème de la leçon est présenté aux élèves (cinq minutes). Sa nature inhabituelle est précisée : la leçon nécessitera peu de prise de notes et beaucoup de discussions. Il s'agira d'estimer la qualité de données scientifiques sur cette question controversée. Des titres de journaux et articles issus de l'actualité sont rétro-projetés (4). Des questions que cela pose sur les technologies et les sciences et leur impact dans la société sont présentées aux élèves.

Ensuite, chaque élève donne son avis par écrit sur l'éventuelle dangerosité des téléphones cellulaires (cette phase dure cinq minutes). Puis, le fonctionnement des téléphones mobiles est brièvement présenté aux élèves (en cinq minutes). À partir du spectre des ondes électromagnétiques, étudié en classe de seconde et en BEPA (5), les élèves tentent d'identifier les ondes qui entrent en jeu dans le fonctionnement des téléphones portables, puis tentent de situer les micro-ondes sur le spectre. Les fréquences des portables utilisés en France sont précisées et le fonctionnement du réseau de téléphonie mobile est détaillé.

Ensuite, l'activité qui constitue le cœur de la leçon est présentée aux élèves. Il s'agit d'un jeu de rôle : Les élèves jouent le rôle d'avocats dans le cas d'un procès où un employé poursuit son employeur pour son mauvais état de santé, qu'il estime dû à l'usage du téléphone portable et en raison duquel il a dû quitter son travail.

Les élèves se répartissent en deux groupes : les avocats de la partie civile et de la défense.

– Le groupe A défend la victime et la thèse selon laquelle les téléphones portables sont dangereux pour la santé ;

---

(2) *Sciences et technologies de l'agronomie et de l'environnement.*

(3) Plus précisément, deux créneaux horaires de cinquante minutes chacun, regroupés en une seule séance dans l'emploi du temps ordinaire de cette classe.

(4) Les grands titres de l'actualité sur les téléphones cellulaires :  
*Téléphone portable : pas de risque de cancer, mais...* La dépêche du midi 13 février 2001.  
*Allo ? cerveau bobo.* Libération 28 septembre 1999.  
*Le téléphone portable monte-t-il au cerveau ?* Libération 25 mai 1999.  
*Les portables ne favoriseraient pas les tumeurs.* Libération 30 août 2002.  
*Les mobiles sont-ils nocifs ?* Le Monde 10 mars 1999.  
*Portables et cancer.* La Recherche n° 337 décembre 2000.

(5) *Brevet d'études professionnelles agricoles.*

– Le groupe B défend l'employeur et la thèse selon laquelle les téléphones portables ne sont pas dangereux pour la santé.

L'enseignante de sciences physiques qui assure les enseignements dans cette classe constitue le jury, et je joue le rôle du procureur chargé d'animer le procès. Nous avons fait ce choix car des recherches ont pointé le fait que lorsque l'enseignant anime le débat, les élèves peuvent être conduits à adopter ce qu'ils supposent être son opinion, et le débat s'en trouve biaisé (Simonneaux, 2001b).

Le dossier est ensuite distribué aux élèves. Il est constitué de sept extraits de recherche actuelles et d'un tableau destiné à les aider à organiser leur étude de ces textes issus des recherches. Ces recherches portent sur l'apparition de maladies sur des animaux, des enquêtes épidémiologiques, des tests sur la mémoire (voir annexe).

Chaque groupe étudie les documents et se prononce sur les recherches en utilisant le tableau. Puis il rédige les arguments selon lesquels les téléphones portables sont (groupe A) ou ne sont pas (groupe B) dangereux pour la santé et ceux qu'il prévoit de développer face à l'autre groupe pendant le jeu de rôle. Cette phase a duré au total environ cinquante minutes.

Enfin, le jeu de rôle est réalisé. Le groupe des avocats de la partie civile présente les preuves selon lesquelles les téléphones portables sont dangereux pour la santé, puis le groupe des avocats de la défense fait de même pour soutenir que les téléphones portables ne sont pas dangereux pour la santé. S'en suit un débat contradictoire. Cette phase a duré environ trente-cinq minutes.

### 3.2. Analyse des discussions de groupe

Toute la leçon a fait l'objet d'enregistrements audio et vidéo. Les discussions dans chaque groupe d'élèves ont également été enregistrées. La totalité des échanges a été retranscrite.

Nous avons procédé à une analyse de contenu des *verbatim*. En particulier, nous avons tenté d'identifier comment les élèves interprètent les textes issus de travaux de recherche, ce qui fait l'objet d'accords ou de désaccords et comment les élèves construisent leurs arguments.

Considérant que le langage est une activité sociale qui permet l'élaboration du sens et que structuration de la pensée et échanges langagiers sont liés (Billig, 1987), nous nous sommes centré sur les pratiques discursives des élèves et leur construction de savoirs plutôt que sur les caractéristiques linguistiques du discours lui-même (Edwards & Mercer, 1987).

Notre posture analytique est inspirée des approches ethno-méthodologiques (Castanheira, Crawford, Dixon & Green, 2001). Parce que nous nous situons dans l'approche de la cognition sociale, nous analysons les pratiques discursives au sein des groupes d'élèves sans séparer la cognition du social, comme le suggèrent Kelly et Crawford (1997). Pour ces

le langage ;  
une activité sociale  
permettant  
l'élaboration du sens

analyse  
des discours  
des élèves

approche  
ethnométhologique

auteurs, la rationalité est locale, contingente, et dépendante des groupes sociaux. Ainsi, nous analysons l'ensemble des échanges au sein des groupes dans la mesure où les interventions des élèves dépendent du contexte de l'ensemble de la discussion (Pontecorvo, 1993). Pour cela, nous suivons pas à pas les échanges verbaux des élèves pour identifier les arguments élaborés dans cette activité. Les argumentations de preuve développées dans les groupes nous informent ensuite sur les activités de problématisation des élèves.

#### 4. DISCUSSIONS DANS LE GROUPE A

les élèves  
débattent

Au cours des discussions de ce groupe, cinq points font l'objet de désaccords et de débat. La première question soulevée porte sur la validité du lien entre les résultats obtenus sur des animaux et les effets chez l'homme. L'affirmation de ce lien fournirait en effet aux élèves de ce groupe un argument de preuve pour défendre leur thèse selon laquelle les téléphones cellulaires sont dangereux pour la santé en s'appuyant sur des extraits de recherche. Les discussions s'orientent ainsi autour d'un débat que l'on peut résumer par la question suivante : « *l'homme est-il un animal ?* ». Voici l'extrait de verbatim correspondant :

Arnaud (6) :	<i>De toute façon on a tout intérêt à dire qu'il y a un lien.</i>
[...]	
Sébastien :	<i>Mais justement, le lien, il faut le démontrer.</i>
Arnaud :	<i>Hé bien, tu mets que ce sont des cellules animales, et que nous aussi on est constitués de cellules animales. Pourquoi ça marcherait chez l'un et pas chez l'autre ? [...] On peut pas leur dire : « Non, non, il n'y a pas de problème, c'est pas dangereux. »</i>
[...]	
Sébastien :	<i>Bon, [Arnaud], pour le premier, là. Moi je te dis que ce n'est pas cohérent parce que nous on est des mammifères et eux c'est des cellules animales.</i>
Katia :	<i>Oui on est des mammifères et eux c'est des cellules animales.</i>
Arnaud :	<i>Oui, mais c'est quand même le règne animal.</i>
Sébastien :	<i>Oui, mais il est grand, le règne animal.</i>
Arnaud :	<i>Tu ne vas pas leur dire aux autres : « Oui, de toute façon vous avez raison, le portable ».</i>
Sébastien :	<i>On pourra dire oui, autre part, il y en a plein...</i>
Arnaud :	<i>Il faut dire oui partout.</i>
William :	<i>Comme ça on est sûrs.</i>
Arnaud :	<i>Eux ils vont dire non partout, alors...</i>
Sébastien :	<i>Bon, donnez votre opinion, là, qu'on soit plusieurs et après on vote.</i>

(6) Les prénoms des élèves ont été modifiés.

résultats obtenus  
sur des animaux  
et effets  
chez l'homme  
sont-ils corrélés ?

Les premiers échanges concernent la stratégie du groupe : il faut démontrer le lien entre résultats obtenus sur des animaux et effets sur l'homme et ne pas simplement l'énoncer. Arnaud argumente alors que l'homme est « *constitué de cellules animales* », et plaçant ainsi l'homme et l'animal dans la même catégorie cela justifierait que les résultats obtenus pour l'un, soient valides pour l'autre. Arnaud revient ensuite sur des éléments stratégiques, signalant qu'ils ne peuvent pas se ranger à la thèse de l'autre groupe, selon laquelle les téléphones ne sont pas dangereux, justifiant par là ses interventions précédentes. Mais l'argument d'Arnaud pose problème aux autres. Sébastien contre-argumente : l'homme n'est pas un animal, mais un mammifère et il se réfère à l'extrait de recherche n° 1. Dans ce texte, il est évoqué la mise en œuvre d'expériences similaires à celles conduites sur des nématodes sur des « *cellules de mammifères* ». Katia acquiesce, reprenant les propos de Sébastien. Il s'agit ici de distinguer l'homme et l'animal dans un procédé rhétorique de particularisation. Arnaud reconnaît alors sur l'idée que mammifères et cellules animales sont des entités différentes, mais il les place dans une même catégorie « *le règne animal* ». À son tour, Sébastien marque son accord avec cette catégorisation, mais il précise que cette catégorie est large, ce qui lui permet de maintenir l'idée d'éléments différents à l'intérieur de ce grand ensemble.

Les échanges reprennent ensuite sur la stratégie à adopter, la question « *l'homme est-il un animal ?* » reste alors provisoirement en suspens. On peut ainsi considérer qu'à cet instant, des considérations de nature stratégique empêchent l'argumentation de preuve par les élèves. L'enjeu du jeu de rôle, gagner le procès, prend alors le pas sur la construction sociale de connaissances au sein du groupe. Comme le soulignent Goffard et Goffard (2003) à propos d'activités de résolution de problème en physique par de petits groupes d'élèves, la tâche à résoudre influence les interactions des élèves.

un vote  
pour dépasser  
les désaccords

Sébastien propose de voter pour décider si le lien entre les résultats obtenus sur des animaux et les effets chez l'homme est valide. Arnaud ayant déjà proposé de répondre par l'affirmative car cela sert leur thèse selon laquelle « *les téléphones sont dangereux* », il s'adresse aux deux élèves du groupe qui étaient jusqu'à présent silencieuses, puis à William qui n'avait pas indiqué son avis sur ce point. On peut remarquer qu'à cette occasion, l'invitation à s'exprimer s'accompagne de l'annonce d'une lourde responsabilité « *tout repose sur toi maintenant* ».

Ici, les élèves peuvent parvenir à un accord par un processus de soumission sociale de certains plutôt qu'à une élaboration collective de connaissances, comme le font remarquer Schneeberger et Ponce (2003).

Finalement, le vote indique que le oui est majoritaire, et les deux élèves (Sébastien et Katia) qui considèrent que ce lien entre les résultats obtenus sur des animaux et les effets chez

considérations  
stratégiques  
dans l'argumentation  
de preuve  
des élèves

l'homme n'est pas valide acceptent le résultat du vote mais ne se rallient pas à cette position et émettent des doutes. Les autres n'y répondent pas car l'enseignante intervient (7) en leur indiquant de poursuivre l'étude des textes.

Finalement, ce sont des considérations stratégiques qui l'emportent pour l'adoption d'une position collective en faveur de ce lien entre les résultats obtenus sur des animaux et les effets chez l'homme ; il faut en effet que les élèves de ce groupe défendent dans le jeu de rôle la thèse de la dangerosité. Mais la question de considérer l'homme comme un animal et le lien entre les résultats de recherche obtenus sur les animaux et les effets sur l'homme est à nouveau discutée vers la fin de cette activité :

Sébastien :	<i>Ha non, on pourrait utiliser la 1, je pense plutôt. Comme ça on peut dire...</i>
William :	<i>Mais non, mais non, parce que c'est d'un lien possible. Alors là, on n'est vraiment pas sûrs.</i>
Arnaud :	<i>Là, c'est les nématodes ?</i>
Sébastien :	<i>On peut dire que si ça agit sur les vers, alors ça a peut-être une incidence sur nous.</i>
Arnaud :	<i>Voilà...</i>
Arnaud :	<i>C'est quand même avant tout des animaux enfin des...</i>
Sébastien :	<i>Oui, c'est vivant, c'est...</i>

parvenir  
à un accord  
par la discussion

Les élèves semblent ici s'accorder sur la catégorisation évoquée au début de leur discussion. Mammifères, êtres humains, vers, sont « *avant tout des animaux* », des êtres vivants et peuvent ainsi être considérés comme faisant partie d'une même catégorie, ce qui fournit aux élèves la possibilité d'argumenter sur le fait que des résultats obtenus sur un élément de cette catégorie soient valables sur un autre. Les extraits de recherche indiquant des effets sur les vers ou les mammifères (modification de la croissance cellulaire, de l'activité électrique cérébrale, apparition de cancers) peuvent dans ce cas constituer des preuves de la dangerosité des téléphones cellulaires pour la santé humaine.

Des éléments issus d'extraits de recherche font également l'objet de discussion et d'élaboration d'arguments à opposer à l'autre groupe.

L'extrait de recherche n° 2 soulève des interrogations : l'hippocampe serait trop profondément enfoui dans le cerveau pour être touché par les téléphones cellulaires. Cette question est soulevée à trois reprises lors de l'activité sans conduire à discussion, puis une quatrième fois pour faire l'objet d'élaboration d'arguments.

---

(7) Nous avons convenu de laisser les élèves discuter entre eux et de ne pas intervenir. Nous étions présentes pour éviter les « dérapages » et éventuellement répondre à leurs questions, et nous nous tenions en retrait par rapport à eux.

élaborer collectivement des arguments dans les groupes de discussion :

une activité complexe

Arnaud propose de considérer que puisque des effets ont été observés sur l'hippocampe qui serait profondément enfoui dans le cerveau, pourquoi d'autres zones du cerveau ne seraient pas atteintes ? Les autres acquiescent avec enthousiasme et prolongent cette idée. Pour Katia « *si ça atteint une partie du cerveau [...] après, ça se propage partout* » comme dans le cas des tumeurs qui a été évoqué précédemment dans l'activité. L'élaboration collective d'arguments apparaît ainsi comme une activité complexe, où sont par exemple ré-intégrés des éléments précédemment évoqués. La discussion est ensuite interrompue par l'enseignante pour passer à la phase suivante, la réalisation du jeu de rôle.

Un autre point de discussion porte sur l'extrait de recherche n° 3 qui indique : « *ça améliore les [...] capacités de mémoire* ». William propose d'opposer à l'autre groupe l'argument suivant : l'effet bénéfique sur la mémoire est une réponse provisoire. Mais à ce moment-là de l'activité, cette proposition n'est pas discutée. Elle le sera vers la fin de l'activité. Arnaud reprend cet argument et le complète en indiquant que les effets à long terme seraient néfastes. Il appuie son propos d'un exemple dans le domaine du dopage, ce qui inscrit l'argument précédent dans une idée communément partagée, ce que Billig (1987) nomme un « *truisme culturel* » et permet ainsi de lui donner plus de poids, car comment contrer une telle lapalissade ? : « *C'est comme l'EPO, quelqu'un qui se pique à l'EPO, il va courir vite, mais après à 40 ans, il pète aussi* ». Mais Sébastien et William ne semblent pas convaincus.

Plus loin, Arnaud propose d'établir qu'à partir des extraits n° 2 et 3, on constate une modification de comportement. Sébastien complète en précisant comme conséquence ce qu'il avait déjà annoncé : le « *trouble de la mémoire* ». Arnaud développe son argument : « *Il y a modification du comportement donc ça a des effets sur la santé [...] ou sur le cerveau* ». William et Sébastien indiquent « *qu'on n'est pas sûrs que... [...] ce soit fiable* ». Puis Sébastien précise que les incertitudes concernent les effets à long terme et les élèves se mettent alors d'accord sur l'argument précédemment avancé par Arnaud : « *l'effet bénéfique sur la mémoire est une réponse provisoire, les effets à long terme seraient néfastes* ».

introduction dans l'argumentation d'idées socialement partagées.

Un autre élément issu d'un extrait de recherche fait l'objet de discussions. Les élèves relèvent que dans l'extrait n° 5, il est indiqué que « *aucune augmentation dans le taux de tumeurs du sein de ces souris n'a été observée* » et ils prévoient que cela constituera un argument pour l'autre groupe lors du jeu de rôle. William propose un contre-argument pour s'opposer à l'autre groupe (« *[...] c'est que sur des souris et sur une seule tumeur* ») mais sa proposition n'est pas collectivement discutée. Arnaud propose de considérer que la durée de l'expérience serait insuffisante pour le développement d'un cancer. Sébastien s'y oppose considérant que cette durée est

les élèves  
organisent  
un vote...

...pour adopter  
une position  
collective

les élèves  
peuvent inventer  
des éléments  
de preuve

suffisante. Arnaud et William développent : « *Si on l'avait laissé plus longtemps, peut-être qu'il y aurait eu des risques* » selon le principe que « *plus tu exposes plus tu as de risques.* »

Sébastien s'oppose à cet argument. Pour lui, la durée est suffisante, le temps d'exposition journalier est suffisamment long. Arnaud s'y oppose et particularise l'argument précédent : « *peut-être qu'en vingt heures, dix-huit mois c'est quand même trop court* ». Les échanges entre Sébastien et Arnaud sont alors vifs (ils évoquent tour à tour la durée moyenne d'utilisation journalière d'un portable, les durées des forfaits, l'âge moyen de l'apparition des cancers dans la population). Sébastien déclare que l'expérience est valable et propose de voter. Les élèves recourent ainsi à une procédure de vote quand ils ne peuvent pas dépasser un conflit par la discussion. William critique alors le protocole expérimental, pour pouvoir disposer de résultats valables la durée de l'expérience aurait dû être plus longue et le temps d'exposition par jour moins important.

D'une certaine manière, il propose par cette remarque un accord : dix-huit mois c'est trop court et vingt heures trop long. Mais ces propos ne sont pas suivis. Pour Katia « *tant que ce n'est pas fiable, on n'en sait rien* », cette formulation semblant indiquer que la recherche n'est pas encore en mesure d'apporter de réponses. Pressées de donner leur avis, Agnès déclare que la recherche « *est valable* » mais que la durée est trop courte et Marianne indique tout d'abord qu'elle ne sait pas puis alors qu'elle va exprimer son avis est coupée sèchement par Sébastien. La discussion s'oriente ensuite sur une autre question et les élèves reviennent sur cet argument de l'extrait de recherche n° 5 plus loin dans l'activité. Ils prévoient que l'autre groupe va l'utiliser. Arnaud et William font alors remarquer que dans l'extrait de recherche n° 4 la durée d'exposition journalière n'est pas précisée et William propose de considérer une durée moins importante. L'introduction de ce nouvel élément tend à renforcer leur argumentation : même avec une durée d'exposition journalière plus faible, les souris ont développé des lymphomes. L'argument ainsi élaboré constitue alors une preuve de la dangerosité des téléphones cellulaires. On constate ici la nécessité pour les élèves d'inventer des éléments de preuve pour argumenter. Prévoyant les arguments que les élèves de l'autre groupe peuvent développer au cours du procès, les élèves sont alors conduits à ajouter des éléments qui ne figurent pas dans les résultats de recherche contradictoires mais sont en faveur de la thèse à défendre et on constate à nouveau que l'enjeu du procès influence l'argumentation de preuve des élèves.

On remarque également que ce qui leur pose problème ici se concentre sur la question de la durée d'exposition journalière, un facteur qui « *peut jouer* », et qu'ils n'évoquent pas le fait que dans ces deux études les souris utilisées soient génétiquement modifiées pour être plus sensibles au lymphome

(extrait 4) ou au cancer du sein (extrait 5). Remarquons que les échanges sont alors interrompus parce qu'un téléphone portable bipe !!

Ils reviennent sur cette question en fin d'activité. William propose d'utiliser l'extrait de recherche n° 4 où « *deux fois plus de souris exposées aux radiations ont développé des lymphomes.* » pour répondre à l'autre groupe qui va utiliser l'extrait n° 5. Sébastien soulève alors que les souris ont été génétiquement modifiées dans cette recherche n° 4 et qu'il faudra alors taire cette information, mais il vérifie l'extrait n° 5 et il apparaît que les souris sont également génétiquement modifiées. William propose alors de formuler leur argument : « *la recherche 4 est identique à la recherche 5 mais deux fois plus de sujets ont été atteints* ».

l'enjeu du procès  
influence  
l'argumentation  
de preuve des élèves

Un autre élément issu d'un extrait de recherche fait l'objet de discussions. Les élèves argumentent à partir de l'extrait de recherche n° 7. Ils s'accordent sur le fait qu'il est plus pertinent d'utiliser les pourcentages et formulent leur argument : « *sur les trente personnes atteintes de cette maladie-là, 40 % utilisaient des téléphones, [...] alors que dans le groupe contrôle, où il n'y avait pas de cancer... seulement 18 % les utilisaient [...] donc il peut y avoir une relation de cause à effet...* ».

Puis Sébastien identifie une faiblesse dans leur argumentation ; il considère que les pourcentages ne sont pas assez importants. Les autres élaborent de nouveaux arguments pour contrer cette faiblesse ou apportent une garantie à partir du texte qui présente cette recherche. Pour William cela indique un début : « *mais on commence à en avoir* ». Katia signale que le groupe des personnes atteintes de cancer est de 450 et Arnaud souligne à cette occasion une difficulté de ce type de recherche : « *Attends, déjà il faut que tu trouves les personnes qui ont un cancer... du cerveau...* ». Sébastien soulève alors une autre faiblesse dans leur argumentation : le neurocytome n'est qu'un cancer particulier. Cela irrite Arnaud qui l'interroge sur la différence de pourcentages : « *Pourquoi il y en a 40 % d'un côté et 18 % de l'autre ?* ». Sébastien admet que cette différence est significative.

les élèves  
recherchent  
la formule  
la plus percutante  
pour argumenter

La discussion s'oriente alors vers la reformulation de l'argument précédemment élaboré. Arnaud propose d'établir une loi de proportionnalité : « *plus le pourcentage d'utilisateurs est élevé et plus le risque de cancer...* ». Mais Sébastien fait remarquer qu'il s'agit « *d'une forme particulière de ce cancer* » alors il reformule en utilisant la différence de pourcentages, élément qu'ils avaient précédemment identifié comme déterminant dans leur argumentation : « *le nombre de pourcentage étant différent...* ». William propose de préciser cette différence, ce qui indique que les élèves sont à la recherche de la formule la plus percutante, la plus efficace pour argumenter. Ils s'accordent sur la formule suivante : « *Le nombre de pourcentage étant plus élevé chez les personnes atteintes, nous pouvons*

*dire que cette maladie peut être liée au téléphone* ». Cet argument constitue une preuve de la dangerosité de l'utilisation des téléphones cellulaires. L'enseignante intervient ensuite pour les informer qu'il ne reste que cinq minutes avant la tenue du procès.

## 5. DISCUSSIONS DANS LE GROUPE B

non dangerosité  
des téléphones  
cellulaires :

une thèse difficile  
à défendre

Les discussions du groupe B sont traversées pendant toute la deuxième partie de l'activité (8) par l'expression par les élèves de difficultés : difficulté à trouver dans les textes des arguments pour défendre leur thèse (« *les textes ne veulent rien dire* », « *ils sont tous en faveur de l'autre groupe* », « *en fait, on sait qu'on a tort* » etc.). Une élève constate que lors de l'élaboration d'arguments à propos de l'extrait de recherche n° 3 « *on a pris le mauvais sujet* », ce qu'une autre répète un peu plus loin et elle ajoute : « *On est tout seuls, ils sont tous contre nous* » (Caroline).

Ils évoquent le fait de manquer d'informations en précisant par exemple à propos de l'extrait de recherche n° 1 : « *Ils disent qu'ils sont bombardés de micro-ondes, donc on ne connaît pas quel est le flot d'ondes qu'on leur envoie, donc c'est sûr que si on leur envoie je ne sais pas combien de fois plus que les téléphones portables, ce n'est pas comparable. Il n'y a pas assez d'informations* » (Nathan).

D'autres propos indiquent leur désarroi face au fait que les recherches soient en désaccord et qu'aucun texte ne leur permette d'apporter la preuve que les téléphones ne sont pas dangereux, comme l'illustrent les extraits suivants :

Cécile :	<i>La 6 et la 7, c'est l'inverse.</i>
Caroline :	<i>L'une dit que c'est négatif et l'autre dit que c'est positif. Il y en a un qui te dit que ça fait rien et un qui te dit que ça fait.</i>
[...]	
Nathan :	<i>Mais à chaque fois on n'est pas sûr que ce soit le téléphone portable, alors...</i>
Une fille (9) :	<i>Ils se contredisent.</i>
[...]	
Cécile :	<i>Ce que l'on demande, c'est les preuves qui disent que le téléphone n'est...</i>
Caroline :	<i>Des preuves qui disent que ce n'est pas dangereux, donc on peut rayer ceux qui disent que c'est dangereux.</i>
Fabien :	<i>Il y en a aucun qui dise que c'est pas dangereux quand même.</i>

(8) La première est consacrée à l'étude des textes.

(9) La voix n'a pas pu être identifiée.

désarroi face  
aux désaccords  
entre les  
recherches

Ils pointent notamment le fait que les résultats ne sont pas fiables et que les chercheurs se basent sur « *des hypothèses qui ne sont pas forcément justes* ». Nathan indique plus loin que « *les expériences à chaque fois ne sont pas fiables à 100 %* » et Fabien lui répond : « *mais il faut bien défendre notre thèse* » ce qui les amène ensuite à préciser leur stratégie : contredire les arguments avancés par l'autre groupe.

Auparavant ils s'étaient interrogés sur la tactique à adopter, comme l'indiquent les échanges suivants :

Nathan :	<i>Bon, s'ils nous contredisent, on dit quoi comme contre-argument ? S'ils nous disent : hé non...</i>
Fabien :	<i>Hé bien, on va les contre-contredire.</i>
Nathan :	<i>Tu te débrouilleras parce que moi je vais rien dire.</i>
Fabien :	<i>Je vais me débrouiller.</i>
Nathan :	<i>Tu diras : ouais vous avez raison.</i>
Fabien :	[utilise son nom de famille] <i>va dire, non, c'est tout, point. C'est comme ça, point.</i>
[...]	

Il s'agit alors d'asséner des arguments avec force et conviction et aussi de mentir :

Nathan :	<i>Bon, déjà on peut dire qu'il n'y a pas d'expérience qui sont...</i>
Fabien :	<i>Il ne faut pas leur dire ça aux autres.</i>
[...]	
Fabien :	<i>Il ne faut pas dire ça du tout. Il faut qu'on mente.</i>
Nathan :	<i>Qu'on mente !</i>
Fabien :	<i>Il faut mentir.</i>

Fabien précise plus loin comment il compte s'y prendre pour inventer des éléments favorables à la défense de leur thèse :

Fabien :	<i>Moi, je vais en inventer des trucs, les expériences qui ne vont même pas exister.</i>
[...]	
Fabien :	<i>Hé, moi je vais le faire ça, je vais leur dire : « L'autre jour, à la télévision, j'ai entendu une expérience, notamment sur le téléphone portable. Donc il y avait 650 cobayes qui ont eu des ondes cellulaires, c'est-à-dire comme le téléphone portable, pendant... »</i>
Cécile :	<i>18 mois.</i>
Fabien :	<i>Pendant 2 ans...</i>
Max :	<i>Pendant 24 mois.</i>
Fabien :	<i>Maintenant s'ils me demandent : « Oui, comment ils ont fait ? » Pfff</i>
Une fille :	<i>Sur quelle chaîne ?</i>
Une fille :	<i>Tu dis j'ai pas compris.</i>
Fabien :	<i>Ha, mais j'ai pas suivi ça, mais bon, ils ont dit qu'il n'y a eu aucune atteinte au cerveau, ni au cancer. Moi, je vais leur sortir.</i>
[...]	
Fabien :	<i>Il faut mentir, il faut mentir.</i>

Ainsi, face à un manque d'informations et en l'absence de preuves, de résultats « *fiabiles à 100 %* », de certitudes, Fabien propose d'« *inventer des preuves* ».

Cependant au cours de leurs échanges, ils ont identifié et élaboré des arguments à partir des textes présentant les extraits de recherche.

pour défendre  
la non dangerosité  
les élèves  
prévoient...

Lors de l'étude des textes, Fabien fait remarquer que dans l'extrait n° 4 « *on a utilisé des souris qui ont été génétiquement modifiées pour augmenter leur...* » et Max complète en exprimant son opinion « *c'est pas bien* ». Nathan considère qu'alors les résultats de cette étude ne sont pas fiables : « *Ça fausse tout alors. C'est pas bien* ». Cette remarque trouve l'adhésion des autres. Plus loin dans l'activité, lors de la mise au point de leurs arguments, Nathan ré-affirme que « *pour la 4 et la 5 les souris sont génétiquement modifiées, donc, directement l'expérience n'est pas valable.* » et Cécile acquiesce : « *Elles sont génétiquement modifiées... Donc c'est pas fiable.* ». Mais Fabien s'oppose à utiliser cet argument, et indique que c'est à l'autre groupe de l'employer. Cécile lui répond qu'au contraire cela leur permet de contre-argumenter à propos des résultats de la recherche menée par Repacholi et son équipe (10) : « *Donc, ça c'est pour eux, ça avait des effets, mais toi tu dis on s'en fout que ça ait des effets, puisque de toute façon elles étaient génétiquement modifiées. [...] et que toi, tu n'est pas génétiquement modifié, tu peux téléphoner ça ne te fera rien.* »

...de contredire  
les arguments  
avancés  
par l'autre groupe  
et de mentir

On note qu'elle utilise un procédé rhétorique qui consiste à déplacer l'argument sur les individus et en l'occurrence de façon directe avec la désignation « *toi* ». Cela lui permet de renforcer son argumentation de preuve selon laquelle les humains n'étant pas génétiquement modifiés, l'utilisation de portables n'a pas d'effet sur eux.

ils élaborent aussi  
des arguments  
de preuve

Plus loin dans les échanges, on retrouve exprimée l'idée que « *ces deux expériences... sont faussées* » parce que les souris ont été génétiquement modifiées. Mais Nathan fait remarquer que la recherche présentée dans l'extrait n° 5 leur fournit une preuve de la non dangerosité des téléphones cellulaires : « *Celle-là, elle va nous aider pour nous défendre puisque les souris au bout de 20 heures par jour pendant 18 mois : "...aucune augmentation dans le taux de tumeurs du sein de ces souris n'a été observée..."*, donc ça veut dire qu'elles n'ont pas eu d'augmentation de cancer. »

Cécile s'y oppose car il s'agit dans cette recherche de cancers du sein et dans l'extrait n° 4 de lymphomes : [...] « *Donc peut-être que suivant les trucs c'est pas pareil.* » Cela provoque la perplexité des autres, puis Fabien oriente la discussion sur la durée de l'expérience mais cela n'est pas collectivement discuté. Nathan tranche : « *de toute façon, ce n'est pas valide,*

(10) Extrait de recherche n° 4.

*elles sont génétiquement modifiées* » et Fabien acquiesce : « *Oui, ça, ça va nous aider... donc ça sera valide* ». On constate alors que la question de la validité des résultats dépend fortement de l'enjeu de défense de leur thèse dans le jeu de rôle.

l'interprétation  
des résultats  
de recherche  
par les élèves...

Par ailleurs, les élèves identifient dans l'extrait de recherche n° 3 que les temps de réponse sont améliorés de 4 %. Ils considèrent alors que cela leur fournit un argument pour prouver la non dangerosité des téléphones cellulaires. Mais Max signale son désaccord et développe ses raisons : « *parce que si ça améliore le temps de réflexion de 4 %, c'est ça, ça veut dire que ça a des effets sur le cerveau et si ça a des effets sur le cerveau ça veut dire que c'est nocif.* » Fabien contre-argumente : les effets sur le cerveau sont peut-être bénéfiques. Mais Max évoque « *tout ce qui est pas apporté naturellement...* ». Nathan propose alors un argument portant sur les effets à long terme avec lequel Fabien est d'accord et il signale un exemple : « *Regarde le dopage, ça améliore mais c'est nocif.* ». Ainsi leur discussion les conduit à adopter l'argument suivant : l'extrait de recherche n° 3 indique que ça améliore de 4 % les temps de réponse mais cet effet est provisoire, les conséquences à long terme ne sont pas bénéfiques. Marianne fait alors remarquer que l'argument d'augmentation de 4 % indiqué dans le texte est en faveur de leur thèse, mais Max indique que « *les pourcentages sont ridicules* ». La discussion se déplace ensuite sur l'extrait de recherche n° 7 pour décider s'il peut être utilisé ou non. Plus loin, Nathan reprend cet argument sur la faiblesse des pourcentages lors d'échanges à propos de l'extrait de recherche n° 1 et Fabien considère alors que les résultats de la recherche n° 3 ne peuvent pas être utilisés car le pourcentage est trop faible. Il apparaît alors qu'ici des considérations de nature stratégique et épistémologique influencent l'argumentation des élèves.

...fonction  
de l'enjeu  
du jeu de rôle

des discussions  
influencées par  
des considérations  
stratégiques  
et épistémologiques

Les élèves s'interrogent également à propos de l'extrait de recherche n° 7 : et si les maladies avaient une autre origine que l'utilisation du téléphone portable ? Caroline propose que Nathan pose la question à l'autre groupe et Cécile propose de trouver des arguments et des preuves. Les élèves n'en identifient pas et Cécile signale alors : « *Donc on ne sait pas si ça ne vient pas d'autre chose.* » Caroline conclut que « *les maladies peuvent provenir d'ailleurs* ». Puis elle indique : « *on part défaitistes.* » L'enseignante intervient alors pour les rassurer et les encourager et Fabien exprime que « *déjà on a trouvé un truc pour l'expérience n° 7* ». Puis il ajoute : « *donc c'est bon ; on a le 7, le 4 et le 5.* »

## 6. DISCUSSION

Une comparaison rapide met en évidence la différence des arguments élaborés au sein des deux groupes. Le groupe défendant la thèse de la dangerosité (groupe A) a élaboré plus d'arguments que l'autre groupe chargé de défendre la thèse opposée. On constate aussi que les élèves du groupe A ont élaboré des arguments dont la structure est plus complexe avec notamment des emboitements successifs. Les échanges au sein du groupe sont également plus nourris que dans le groupe B. Leur argumentation se base sur les extraits de recherche et d'autres éléments que les élèves intègrent dans leur discussion. Ils soulèvent notamment des débats à partir de l'interprétation des textes qui dépassent la stricte problématique de ces recherches (*L'homme est-il un animal ? Plus on utilise le téléphone, plus le risque de cancer augmente ? Quelle est la durée de développement d'un cancer ?*). Ils utilisent également des idées courantes sur l'effet des ondes pour élaborer des arguments (« *les ondes du téléphone portable perturbent le fonctionnement du cerveau* » [...] *des cellules nerveuses.* »). Les élèves élaborent des arguments en prenant également en compte des éléments stratégiques.

élaboration  
des preuves  
à partir  
des extraits  
de recherche...

Dans le groupe B, les élèves ont élaboré moins d'arguments que dans l'autre groupe à partir des résultats de recherche. Pour ces élèves, on constate un désarroi face à l'étude des textes, ils soulèvent de nombreuses critiques et expriment des difficultés à argumenter. Ces élèves ont soulevé des considérations épistémologiques comme les désaccords entre chercheurs, le manque de preuve, la non-fiabilité des recherches. Leurs arguments se basent principalement sur ces éléments épistémologiques et sur des éléments que les élèves introduisent en plus des extraits de recherche. Ils évoquent ainsi le fait que des effets bénéfiques à court terme puissent être néfastes à long terme comme dans le cas du dopage et que le cancer peut avoir des causes diverses. Ils adoptent une stratégie de défense basée sur la critique des extraits de recherche : critique des méthodologies (souris génétiquement modifiées, puissance des ondes), critique et mise en cause des recherches (« *les chercheurs se basent sur des hypothèses qui ne sont pas forcément justes* », « *les recherches se contredisent* », les comparaisons entre expériences sur les animaux et effets sur l'homme sont délicates). Les élèves prévoient de contredire au cours du jeu de rôle les arguments avancés par l'autre groupe sur la dangerosité.

...de considérations  
stratégiques,  
épistémologiques...

...de connaissances  
sociales

Lors des discussions dans les deux groupes, on note l'intégration dans l'argumentation d'idées socialement partagées, ce que Billig (1987) nomme un « *truisme culturel* » (effets du dopage, apparition de cancers). De plus dans les deux groupes, il apparaît que des considérations de nature stratégique mais aussi épistémologique dans le cas du groupe B interviennent dans l'argumentation des élèves. Les considérations de nature

stratégique peuvent gêner l'argumentation de preuve par les élèves et les conduire à voter pour adopter une position collective lorsqu'un désaccord ne peut pas être dépassé par la discussion.

Ceci nous conduit d'une part à explorer les « argumentations de preuve » (Orange, 2003) développées dans les groupes et d'autre part à discuter la stratégie du jeu de rôle comme moyen d'amener les élèves à s'engager dans une activité de problématisation de la controverse socio-scientifique.

### 6.1. Argumentations de preuve

Des travaux ont montré que des élèves ont des difficultés à argumenter (Zeidler 1997 ; Chinn & Brewer, 1998), à présenter des arguments opposés (le pour et le contre) ou à présenter différents points de vue sur une même question (Driver, Newton & Osborne 2000). Ici, l'approche de la controverse par l'étude des textes nous semble favorable à la problématisation de la controverse par les élèves dans la mesure où ils développent des argumentations de preuve lors des discussions en groupes. Mais il apparaît que les élèves se sont approprié la controverse de manière différenciée, les élèves du groupe B témoignant de difficultés à élaborer des arguments pour défendre leur thèse de non-dangerosité. Apporter la preuve de l'innocuité des téléphones cellulaires est en effet impossible et cette centration sur la recherche de preuves scientifiques nous amène à interroger le rôle de la preuve pour les élèves. Des recherches ont montré que dans une épistémologie empirico-réaliste, la preuve est considérée comme l'élément central dans la résolution de la controverse (Bader, 2003 ; Driver, Leach, Millar & Scott, 1996 ; Sadler, 2004).

Pour Leach et Lewis (2002) beaucoup d'étudiants tendent à sur-évaluer le rôle des procédures empiriques dans la façon dont des controverses scientifiques pourraient être résolues et lors de justifications de points de vue sur des questions socio-scientifiques. La sur-évaluation des procédures empiriques et du rôle de la preuve a été observée lors de l'étude par les élèves de deux controverses : dérive des continents (cas historique dont on peut étudier aujourd'hui un savoir stabilisé) et irradiation des aliments (controverse socio-scientifique actuelle et incertaine). Driver, Leach, Millar et Scott (1996) soulignent que dans le cas de la controverse sur l'irradiation des aliments, une minorité d'étudiants reconnaît que la certitude est impossible. Dans le cas de l'hypothèse de Wegener sur la dérive des continents, Driver, Leach, Millar et Scott (1996) ont montré que les discussions des étudiants à propos de ces désaccords indiquent que l'origine de la controverse entre scientifiques est considérée comme due à un manque d'informations suffisantes, car « *si les scientifiques disposaient de plus de faits, alors une réponse serait claire* ».

Pour Bader (2002), les origines des controverses sur le réchauffement climatique résident pour les élèves dans une

les élèves  
développent  
des argumentations  
de preuve...

...et problématisent  
la controverse  
de façon différenciée

rôle central  
de la preuve

« *difficulté temporaire liée au stade d'immaturation des sciences dans le domaine d'étude en question* ». Dans ce contexte, la preuve semble constituer l'élément clé qui permettrait de résoudre la controverse. Ceci souligne l'importance des considérations de nature épistémologique dans l'appréhension de la controverse par les élèves. Il semble qu'ici la centration de l'activité sur l'évaluation de données scientifiques renforce cette recherche de preuves scientifiques par les élèves. En effet, le jeu de rôle est un procès dont le « dossier » est constitué d'extraits de recherches scientifiques. Ainsi, le jeu de rôle conduit les élèves à s'engager dans une activité de problématisation de la controverse socio-scientifique centrée sur la recherche de preuves scientifiques. Les éléments relevant d'autres considérations sont écartés de l'argumentation (par exemple le dossier médical du plaignant, le mode d'utilisation de son téléphone cellulaire, ses conditions de travail etc.) et évoqués après la réalisation du jeu de rôle lors de la discussion de sa réalisation.

Dans une étude sur la possibilité d'enfourer des lignes à très haute tension, Kölstö (2001) a fait évaluer aux élèves des documents de nature différente mais il a observé que seuls les documents scientifiques étaient retenus comme crédibles et légitimes par les élèves car produits par des experts. Ceci souligne l'importance de questionner la nature et les limites des savoirs scientifiques et de prendre en considération d'autres savoirs lors de l'étude de controverses socio-scientifiques. En effet, les élèves apparaissent comme piégés dans un répertoire empirico-réaliste qui les conduit à chercher des preuves scientifiques et la situation proposée pour le jeu de rôle semble renforcer cette centration sur les preuves.

## 6.2. Stratégie du jeu de rôle

les élèves  
s'engagent  
dans une  
problématisation  
de la controverse...

Les élèves se sont engagés dans des activités de problématisation de la controverse dans la mesure où ils développent des argumentations de preuve lors des discussions en groupes. Les stratégies argumentatives mobilisées par les élèves indiquent des procédés riches : reprise et complexification d'arguments évoqués, recherche de contre-arguments, des points forts et des faiblesses des arguments. Pour Roth et Lucas (1997), la panoplie des répertoires interprétatifs des jeunes est impressionnante. On note également que dans les deux groupes des considérations stratégiques sont discutées et orientent leur argumentation.

...centrée  
sur la recherche  
de preuves  
scientifiques

Contrairement à des travaux où les discussions entre élèves portent principalement sur des aspects procéduraux des activités (Bianchini, 1997 ; Kittleson & Southerland, 2004 ; Richmond & Striley, 1996 ; O'neil & Polman, 2004), les discussions portent ici sur l'étude des textes et l'élaboration d'arguments.

argumenter...

Dans une étude sur le travail de groupes de 4 élèves à propos d'une épidémie de choléra à Londres au XIX<sup>e</sup> siècle, Richmond & Striley (1996) ont par exemple souligné que la plupart des élèves sont tout d'abord préoccupés par la réalisation de tâches avec peu d'intérêt pour la compréhension des fondements conceptuels du problème à résoudre. Néanmoins, elles indiquent que l'élaboration d'arguments s'améliore au fur et à mesure des trois mois que dure l'activité et que leur engagement augmente aussi, ainsi que l'établissement de liens avec un contexte plus large. Mais de grandes disparités ont été observées selon les dynamiques de groupe.

...pour gagner le procès ou...

Dans notre étude, la mise en discussion sociale de la controverse dans deux petits groupes d'élèves a conduit à une co-élaboration de connaissances au sein des groupes. Mais la polarisation du débat (pour/contre) peut poser des difficultés. Boulter et Gilbert (1995) indiquent que cette structure d'oppositions binaires et la polarisation du langage qu'elle provoque peut être un obstacle à la compréhension de questions complexes. Ici, il apparaît que les élèves devant défendre la thèse de la non-dangerosité expriment leur désarroi. Ils définissent une stratégie pour gagner le jeu de rôle en évoquant la nécessité de mentir, d'inventer des preuves, d'asséner des arguments avec force et conviction pour persuader l'autre groupe. Il s'agit alors d'argumenter pour convaincre et gagner le procès et non de problématiser la controverse.

...pour problématiser la controverse socio-scientifique ?

Ceci constitue une limite de la situation mise en œuvre pour l'étude de cette controverse socio-scientifique par les élèves. Pour Dewhurst (1992) adopter un autre point de vue que le sien peut aider à mieux comprendre mais il signale que ce n'est pas un processus évident dans la mesure où les controverses socio-scientifiques peuvent avoir une dimension affective forte. Comme dans le cas des conflits socio-cognitifs, la mise en œuvre d'un jeu de rôle pour amener les élèves à s'engager dans une activité de problématisation nécessite que les sujets acceptent la confrontation et s'engagent dans la discussion de façon honnête afin de modifier leurs propres représentations lors des interactions sociales. Remarquons que pour cette classe, il s'agissait de participer à un jeu de rôle pour la première fois et que cela constitue une activité inhabituelle par rapport aux séquences traditionnelles de sciences physiques. Le contrat didactique de ce type d'activité diffère et l'on peut supposer que lorsque les élèves réalisent des jeux de rôles ou des discussions en petits groupes régulièrement, une coutume s'établit en classe et structure la mise en discussion sociale de la question à débattre (comme le soulignent Richmond et Striley, 1996).

La constitution de petits groupes de discussion autour d'une controverse socio-scientifique est un dispositif où les interactions entre les élèves nécessitent d'être examinées attentivement car il ne favorise pas nécessairement un processus de co-construction des connaissances. Il apparaît

accepter  
la confrontation  
afin de s'engager  
dans une activité  
de problématisation

ici que des dynamiques de groupes différentes ont structuré les échanges de façon différenciée dans les deux groupes d'élèves. Pour le groupe A, on peut considérer que les interactions ont conduit à une co-élaboration des arguments et qu'alors la situation a permis la problématisation de la controverse. Au contraire dans le groupe B, les discussions ont conduit les élèves à argumenter pour gagner le procès et non pour problématiser la controverse.

Ceci nous conduit à esquisser des pistes pour remédier à ces faiblesses du dispositif du jeu de rôle. Pour éviter la confrontation binaire et une argumentation qui détourne l'enjeu du débat (le transformant en débattre pour gagner et pas pour problématiser, co-élaborer des connaissances), nous proposons de redéfinir les activités de groupe. Des travaux ont attribué des rôles socio-cognitifs aux élèves qui écoutent d'autres présenter leur travail (Herrenkohl & Guerra, 1995) et montré que par la suite, les échanges entre élèves sont plus importants. On pourrait par exemple faire étudier aux élèves des documents de sources diverses et pas uniquement des résultats de recherche afin que les élèves problématisent en commun un ensemble de questions à poser pour auditionner experts et contre-experts comme lors des conférences de citoyens.

## 7. CONCLUSION

Parmi les débats portant sur l'alphabétisation scientifique dans de nombreux pays, l'étude par les élèves de controverses socio-scientifiques a récemment été développée. Afin de contribuer à la compréhension de la façon dont les élèves appréhendent ces controverses, nous avons réalisé en classe une étude sur la question de la dangerosité des téléphones cellulaires avec des élèves de 1<sup>re</sup> de série technologique de l'enseignement agricole. Au cours de la situation mise en œuvre en classe, les élèves ont eu à étudier des extraits de recherche actuellement menées et à élaborer des arguments pour défendre deux thèses opposées selon lesquelles les téléphones sont ou ne sont pas dangereux pour la santé et ceci pour participer à un jeu de rôle sous la forme d'un procès.

des controverses  
socio-scientifiques  
pour  
l'alphabétisation  
des élèves

Considérant que le langage est une activité sociale qui permet l'élaboration du sens et que structuration de la pensée et échanges langagiers sont liés (Billig, 1987), nous avons suivi pas à pas les échanges langagiers des élèves dans cette activité. Nous avons exploré les possibilités et les limites du jeu de rôle pour permettre aux élèves de s'engager dans une activité de problématisation d'une controverse socio-scientifique. Les élèves se sont engagés dans des activités de problématisation de la controverse dans la mesure où ils développent des argumentations de preuve lors des discussions de groupes.

une  
problématisation  
différentiée dans  
les deux groupes  
de discussion

Le groupe défendant la thèse de la dangerosité a élaboré plus d'arguments que l'autre groupe chargé de défendre la thèse opposée. Ces derniers ont soulevé des considérations épistémologiques comme les désaccords entre chercheurs et le manque de preuve. D'autres recherches portant sur l'étude par les élèves de controverses socio-scientifiques ont montré qu'ils considèrent la preuve scientifique comme l'élément central dans la résolution de la controverse. Piégés dans un répertoire empirico-réaliste et conduits à élaborer des preuves par la question à débattre, les élèves problématisent alors la controverse socio-scientifique en se centrant sur la recherche de preuves scientifiques.

La mise en discussion sociale de la controverse dans deux petits groupes d'élèves a conduit à une co-élaboration de connaissances au sein des groupes mais de façon différente selon les groupes. Pour le groupe A, on peut considérer que les interactions ont conduit à une co-élaboration des arguments et qu'alors la situation a permis la problématisation de la controverse. Au contraire dans le groupe B, les discussions ont essentiellement conduit les élèves à argumenter pour gagner le procès et non pour problématiser la controverse. Ceci constitue une limite de la situation mise en œuvre pour l'étude de cette controverse socio-scientifique par les élèves. Comme dans d'autres dispositifs, le jeu de rôle nécessite en effet que les élèves acceptent la confrontation et prennent part à la discussion de façon honnête afin de s'engager dans une activité de problématisation.

Virginie ALBE  
École nationale de formation agronomique  
virginie.albe@educagri.fr

## BIBLIOGRAPHIE

AIKENHEAD, G.-S. (2003). Review of research on humanistic perspectives in science curricula. Paper presented at the European Science Education Research Association (ESERA) 2003 Conference. The Netherlands.

ALBE, V. & SIMONNEAUX, L. (2003). Procès sur les téléphones mobiles : impact sur la réflexion épistémologique d'enseignants. In V. Albe, C. Orange et L. Simonneaux, (Éds), (pp. 253, 260). *Recherches en didactique des sciences et des techniques : questions en débat*. Toulouse : ARDIST & ENFA.

BADER, B. (2002). Idéalisation des sciences chez des élèves de 17 ans et voies d'entrée vers un rapport renouvelé aux savoirs scientifiques. In *Actes des 3<sup>e</sup> journées d'études franco-québécoises*. (pp. 77-91). Paris : La Sorbonne.

BADER, B. (2003). Interprétation d'une controverse scientifique : stratégies argumentatives d'adolescentes et d'adolescents québécois. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies* 3, 231-250.

BERLAN, J.-P. (2002). Une cerise sur le gâteau OGM. *Le Monde*, 4 novembre 2002.

BIANCHINI, J. (1997). Where knowledge construction, equity, and context intersect : Student learning of science in small groups. *Journal of Research in Science Teaching* 43, 1039-1065.

BILLIG, M. (1987). *Arguing and thinking : A rhetorical approach to social psychology*. Cambridge : Cambridge University Press.

BOULTER, C.- J., & GILBERT, J.-K. (1995). Argument and science education. In P. S. M. Costello & S. Mitchell (Éds.). *Competing and consensual voices : The theory and practice of argumentation*. Clevedon, UK : Multilingual Matters.

CASTANHEIRA, M.-L., CRAWFORD, T., DIXON, C.-N. & GREEN, J.-L. (2001). Interaction ethnography : an approach to studying the social construction of literate practices. *Linguistics and Education* 11, 353-400.

CHINN, C.-A. & BREWER, W.-F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 623-654.

DEWHURST, D. (1992). The teaching of controversial issues. *Journal of Philosophy of Education* 26, 153-163.

DRIVER, R., LEACH, J., MILLAR, R. & SCOTT, P. (1996). *Young people's image of science*. Buckingham, UK : Open University Press.

DRIVER, R., NEWTON, P., & OSBORNE, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education* 84, 287-312.

DUMAS-CARRE, A. & GOMATOS, L. (2001). Mise au point d'un instrument d'analyse de l'évolution des représentations du problème pendant la résolution de problèmes de mécanique en groupes. *Didaskalia* 18, 11-40.

- EDWARDS, D. & MERCER, N. (1987). *Common knowledge : The development of understanding in the classroom*. New York : Routledge.
- FENSHAM, P.-J. (2002). De nouveaux guides pour l'alphabétisation scientifique. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies* 2, 133-150.
- GOFFARD, M. (1990). *Modes de travail pédagogique et résolution de problèmes de physique*. Thèse de doctorat, université Paris 7.
- GOFFARD, M. & GOFFARD, S. (2003). Interactions entre élèves et résolution de problèmes. *Aster* 37, 165-187.
- GRACE, M.-M. & RATCLIFFE, M. (2002). The science and values that young people draw upon to make decisions about biological conservation issues. *International Journal of Science Education* 24, 1157-1169.
- HERRENKOHL, L.-R. & GUERRA, M.-R. (1995). Where did you find your theory in your findings ? Participant structures, scientific discourse, and student engagement in fourth grade. *Paper presented at AERA annual meeting*.
- HIND, A., LEACH, J. & RYDER, J. (2001). *Teaching about the nature of scientific knowledge and investigation on AS/A level science courses*. (Technical report). University of Leeds, UK.
- HIND, A., LEACH, J., RYDER, J. & PRIDEAUX, N. (2001). *Teaching about the nature of scientific knowledge and investigation on AS/A level science courses*. Leeds : CSSME.
- JIMENEZ-ALEIXANDRE, M.-P. & PEREIRO-MUÑOZ, C. (2002). Knowledge producers or knowledge consumers ? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education* 24, 1171-1190.
- JOHSUA, S. & DUPIN, J.-J. (1989). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : PUF.
- KELLY, G. & CRAWFORD, T. (1997). An ethnographic investigation of the discourse processes of school science. *Science Education* 81, 533-559.
- KITTLESON, J. & SOUTHERLAND, S. (2004). The role of discourse in group knowledge construction : a case study of engineering students. *Journal of Research in Science Teaching* 41, 267-293.
- KOLSTØ, S.-D. (2001). Students' argumentation : knowledge, values and decisions. *Actes du colloque de l'ESERA*. Thessalonique.
- LEACH, J. & LEWIS, J. (2002). The role of students' epistemological knowledge in the process of conceptual change in science. In M. Limónet et L. Mason (Éds.). (pp. 201, 216). *Reconsidering conceptual change. Issues in theory and practice*. The Netherlands : Kluwer academic publishers.
- LEACH, J. (2001). Epistemological perspectives in science education research. *Actes du colloque de l'ESERA*. Thessalonique.
- LEGARDEZ, A. & ALPE, Y. (2001). La construction des objets d'enseignements scolaires sur des questions socialement vives : problématisation, stratégies didactiques et circulations des savoirs. *Communication au 4<sup>e</sup> Congrès de l'AECSE*. Lille.

LEWIS, J. & LEACH, J. (2004). Evaluating Classroom Discussion of Gene Technology – methodological issues and outcomes. In Gropengiesser, H., Janssen-Bartels, A. et Sander, E. (Éds.) *Lehren fürs Leben*. Cologne : Aulis Verlag Deubner.

Ministère de l'Éducation nationale (1999). L'enseignement des sciences au lycée. *Bulletin Officiel hors-série 6*.

MORK, S. & JORDE, D. (2003). Using information technology and controversy to promote discourse in science teaching. *Actes du colloque de l'ESERA*. Noordwijkerhout.

O'NEIL, D.-K. & POLMAN, J.-L. (2004). Why educate « Little Scientists ? » Examining the potential of practice-based scientific literacy. *Journal of research in Science Teaching 41*, 234-266.

ORANGE, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie : quels apprentissages pour le lycée ?* Paris : PUF.

ORANGE, C. (2003). Débat scientifique dans la classe, problématisation et argumentation : le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen. *Aster 37*, 83-108.

OULTON, C. DILLON, J. & GRACE, M. (2004). Reconceptualizing the teaching of controversial issues. *International Journal of Science Education 26*, 411-424.

PATRONIS, T., POTARI, D. & SPILIOPOULOU, V. (1999). Students' argumentation in decision-making on a socio-scientific issue : implications for teaching. *International Journal of Science Education 21*, 745-754

PEDRETTI, E. & HODSON, D. (1995). From rhetoric to action : implementing STS education through action research. *Journal of Research in Science Teaching 32*, 463-485.

PONTECORVO, C. (1993). Forms of discourse and shared thinking. *Cognition and Instruction, 11*, 189-196.

RICHMOND, G. & STRILEY, J. (1996). Making meaning in classrooms : Social processes in small-group discourse and scientific knowledge building. *Journal of Research in Science Teaching 33*, 839-858.

ROTH, W.-M., & LUCAS, K.-B. (1997). From « truth » to « invented reality » : A discourse analysis of high school physics students' talk about scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching 34*, 145-179.

SADLER, T.-D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues : a critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching 41*, 513-536.

SCHNEEBERGER, P. & PONCE, C. (2003). Tirer parti des échanges langagiers entre pairs pour construire des apprentissages en sciences. *Aster 37*, 53-82.

SIMONNEAUX, L. (2001a). Des situations-débats pour développer l'argumentation des élèves sur les biotechnologies : Compte rendu d'innovation. *Didaskalia 19*, 137-157.

SIMONNEAUX, L. (2001b). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education, 23*, 903-928.

ZEIDLER, D.-L. (1997). The central role of fallacious thinking in science education. *Science Education 81*, 483-496.

## ANNEXE

### Situation-débat :

**Vous allez jouer le rôle de témoins experts dans le cas d'un procès :**

**Un employé des télécommunications poursuit son employeur alléguant que son mauvais état de santé, en raison duquel il a dû quitter son travail, découle de l'usage prolongé du téléphone cellulaire lorsqu'il était employé par la compagnie dans l'exercice de ses fonctions.**

**Vous vous répartissez en 2 groupes :**

- **Le groupe A** défend la victime et la thèse : « les téléphones portables sont dangereux pour la santé »
- **Le groupe B** défend la compagnie de télécommunications mobiles et la thèse : « les téléphones portables ne sont pas dangereux pour la santé »

### Recherche n° 1

*Équipe de David De Pomeroy – université de Nottingham*

Une équipe de chercheurs a bombardé de micro-ondes de minuscules vers, appelés des nématodes, choisis parce que leur biologie cellulaire est simple et bien connue. Dans une expérience, l'équipe a trouvé que les larves exposées durant toute une nuit à des doses de micro-ondes remuaient moins et croissaient de 5 % plus vite que celles du groupe contrôle. Ceci suggère que les micro-ondes pourraient augmenter la division cellulaire. Le groupe de recherche planifie maintenant de chercher si un effet similaire peut être observé sur des cellules de mammifères, un résultat qui pourrait accroître les craintes d'un lien possible entre la réception de micro-ondes et le développement du cancer.

### Recherche n° 2

*Équipe de John Tattersal – Agence de recherche et d'évaluation de la Défense*

Cette équipe a exposé des coupes de cerveau de rats aux micro-ondes. Ils ont trouvé que l'exposition réduisait l'activité électrique et affaiblissait la réponse aux stimuli. Les coupes du cerveau proviennent de l'hippocampe, une partie du cerveau qui joue un rôle dans la mémoire. Cependant les chercheurs ont indiqué qu'ils croient que l'hippocampe est trop profondément enfoui dans le cerveau pour être touché par les téléphones cellulaires. Une recherche plus récente de l'équipe a montré que les synapses des cellules nerveuses peuvent devenir plus réceptives aux changements liés à la mémoire quand elles sont exposées aux micro-ondes.

### Recherche n° 3

*Équipe d'Alan Preece – université de Bristol*

Deux groupes de personnes volontaires ont participé à cette recherche. On leur a projeté des mots et des images sur un écran. Un groupe portait un casque expérimental qui simule les émissions de téléphones cellulaires. On a projeté une seconde série de mots et d'images en demandant aux personnes de presser les boutons « Oui » ou « Non » selon qu'ils pensaient les avoir vus ou pas lors de la première projection. Il n'y a pas eu de différence entre les deux groupes dans le rappel des mots et des images. Mais les temps de réponse des personnes du groupe qui portait le casque expérimental étaient améliorés de 4 %. L'effet a été observé chez 4 groupes distincts de volontaires.

*Recherche n° 4**Groupe de recherche de Michael Repacholi – Hôpital Royal Adelaide*

Ce groupe de recherche a passé 18 mois à exposer des souris à des émissions simulant celles des téléphones cellulaires. Le groupe a utilisé des souris qui ont été génétiquement modifiées pour augmenter leur sensibilité au lymphome\* afin de rendre l'expérience plus sensible. Ils ont trouvé que deux fois plus de souris exposées aux radiations ont développé des lymphomes, en comparaison à celles du groupe contrôle.

\**lymphome* : tumeur généralement maligne développée aux dépens du tissu lymphoïde. Le tissu lymphoïde est l'ensemble des lymphocytes (globules blancs) qui jouent un rôle central dans l'immunité.

*Recherche n° 5**Experts de la base Brooks Air Force – San Antonio Texas*

Les experts ont utilisé des souris génétiquement modifiées plus sensibles aux cancers du sein dans une étude similaire à celle de l'équipe de Repacholi. Ils ont exposé les souris à des radiations durant 20 heures par jour pendant 18 mois. Aucune augmentation dans le taux de tumeurs du sein de ces souris n'a été observée.

*Recherche n° 6**Équipe de Lennart Hardell – Centre médical Orebro – Suède*

Une étude a été faite avec 209 personnes atteintes de tumeurs au cerveau et un groupe contrôle de 425 personnes. Elle a révélé que les usagers de téléphones cellulaires n'avaient pas développé davantage de cancers que les non utilisateurs. Parmi ceux qui avaient des tumeurs cependant, les usagers des téléphones cellulaires avaient 2,5 fois plus de probabilité de développer une tumeur à proximité de leur oreille collée au récepteur que les non utilisateurs. Parmi les 209 malades, 13 utilisaient les téléphones cellulaires ; ce résultat n'est pas statistiquement significatif.

*Recherche n° 7**Équipe de George Carlo – Recherche sur la technologie sans fil, Washington DC*

Ces chercheurs ont étudié 450 personnes ayant des tumeurs au cerveau et un groupe contrôle constitué de 425 personnes. Aucun lien particulier n'a été établi entre les cancers du cerveau et l'usage de téléphones cellulaires. Cependant la recherche a identifié un petit groupe de 30 personnes ayant une forme particulière de cancer appelé neurocytome\*. 40 % des personnes de ce groupe étaient des usagers des téléphones cellulaires. Dans le groupe contrôle, où personne ne présentait de neurocytome, 18 % de personnes utilisaient le téléphone cellulaire. Ce résultat est statistiquement significatif.

\**neurocytome* : tumeur rare du système nerveux, développée à partir des cellules proprement nerveuses ou neurones