

UNE ARTICULATION DE LA STATISTIQUE AVEC LE SAVOIR MEDICAL : LE PROJET LOE

Marie-Caroline CROSET* – Muriel NEY** – Hamid CHAACHOUA**

Résumé – À l'université de médecine de Grenoble, en France, un projet d'enseignement et de recherche s'est construit autour d'un module de biostatistique : le projet LoE. Dans cet article, nous présentons trois hypothèses de recherche qui ont permis de le mettre en œuvre avec en particulier une volonté d'articuler connaissances théoriques en statistique et connaissances professionnelles de médecine. Nous étayons ensuite ces hypothèses par des études tant quantitatives que qualitatives.

Mots-clefs : biostatistique, épidémiologie, dévolution, jeu sérieux, lecture critique d'articles

Abstract – At medical school of Grenoble, France, The Laboratorium of Epidemiology (LOE) was collaboratively designed as both an educational project and a research project, as part of a course in biostatistics. In this article, three research hypotheses are presented. They allowed carrying out the project with an articulation between theoretical knowledge in statistics and real professional situations. We support these hypotheses by different studies.

Keywords: biostatistics, epidemiology, devolution, serious game, Critical Reading of Article

En France et dans de nombreux pays, la biostatistique est enseignée au début des études de médecine. La biostatistique est utile principalement dans le cadre de l'épidémiologie. La finalité de l'épidémiologie est « le progrès des connaissances dans le domaine de la santé et de la santé publique, c'est à dire l'état de santé de la population, des mécanismes qui le déterminent, des facteurs qui le menacent et des moyens qui sont mis en œuvre pour l'améliorer » (Coquidé et Lange 2006, p. 11). Les méthodes de l'épidémiologie se sont construites avec l'évolution de la pratique de la médecine, d'une pratique empirique du diagnostique au chevet du malade et basée sur des faits cliniques observés, jusqu'à l'utilisation de résultats validés, soit par l'usage des statistiques soit par l'expérimentation animale. En particulier, les statistiques au service de l'épidémiologie permettent, en l'absence de certitude, de décider et d'agir grâce à l'établissement d'une présomption causale.

L'usage des statistiques en médecine arrive au XVII^e siècle avec une montée en puissance des chirurgiens et du rôle des hôpitaux et sous l'impulsion de mathématiciens, comme Bernoulli puis Laplace, qui proposent d'appliquer à la médecine des mathématiques nouvelles (Coquidé et Lange 2006). Plus récemment, dans le monde anglo-saxon, le mouvement de l'*evidence-based medicine* pousse à une médecine basée sur des faits prouvés : elle intègre, dans la décision du médecin, son expérience et les préférences du patient mais aussi les résultats de la recherche. Cette approche propose également de classer les résultats publiés dans les articles médicaux en fonction de leur niveau de preuve. Des types d'études comme les essais comparatifs randomisés de forte puissance sont au plus haut niveau, tandis que, par exemple, les études épidémiologiques transversales descriptives sont classées au plus bas niveau de preuve.

Selon Coquidé et Lange (2006), un enseignement de l'épidémiologie et des méthodes statistiques qui l'accompagne (biostatistique) permet de familiariser les apprenants à une culture du risque et à l'incertitude et de faire appréhender la nature des savoirs scientifiques et

* Techniques de l'Ingénierie Médicale et de la Complexité (TIMC), Université Joseph Fourier – France – marie-caroline.croset@imag.fr

** Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG), CNRS et Université Joseph Fourier – France – muriel.ney@imag.fr, hamid.chaahoua@imag.fr

médicaux ainsi que leurs enjeux économiques, sociétaux, etc. Ces auteurs prônent une initiation à l'épidémiologie au collège et au lycée.

Dans un ouvrage de biostatistique collectif destiné au premier cycle des études médicales, cet enseignement est justifié, entre-autres, par le fait que pour réaliser une bonne lecture critique d'article, on a besoin d'une culture biostatistique de base (Valleron 2010). Celle-ci doit en effet permettre de comprendre la méthodologie conduisant aux résultats de recherche clinique pour majorité basés sur des statistiques. A partir de 2009, le ministère de l'éducation français met en place une épreuve de Lecture Critique d'Articles médicaux scientifiques (LCA) aux Epreuves Nationales Classantes (ENC), ancien concours de l'internat, qui clôt les 6 premières années d'études. L'enseignement de la biostatistique, souvent au niveau L2, va contribuer à la préparation de l'épreuve de LCA. Les objectifs de cette épreuve sont (<http://www.cnci.univ-paris5.fr/medecine/>) : Identifier l'objet d'un article médical (type d'étude et hypothèses), analyser la méthodologie (type de population, sélection des sujets et des groupes, cohérence de la méthode, analyses statistiques, respect des règles d'éthiques...), analyser la présentation des résultats (précision, lisibilité, présence d'indicateurs de variabilité...), critiquer l'analyse des résultats et la discussion (relever les biais, vérifier que les résultats apportent un réponse à la question posée au départ, vérifier que les conclusions sont justifiées au vu des résultats...), évaluer les applications (discuter les applications cliniques potentielles de l'étude) et enfin analyser la forme de l'article (titre, références, structure).

A la faculté de médecine de Grenoble, les mathématiques sont enseignées en première année (année de préparation au concours), en particulier les statistiques descriptives et inférentielles. Cet enseignement est orienté vers les objectifs du concours et ses modalités (répondre à des QCM en temps limité) et déconnecté des situations professionnelles. En revanche, dès la deuxième année, un enseignement de biostatistique (12h de cours magistral et 32h de travaux pratiques) est articulé avec le savoir professionnel et les besoins qui en ressortent. Nous allons étudier en détail dans cet article et nous le considérons comme un enseignement qui articule deux types de savoirs : statistiques et médical ; les statistiques y étant enseignées pour répondre à des finalités professionnelles. Parmi tous les objectifs d'apprentissage de ce module, ceux qui concernent directement les savoirs statistiques, sont de savoir mettre en œuvre et interpréter les statistiques univariées descriptives, les tests d'hypothèse, les risques relatifs et les *odds ratio* (rapports des chances ou des risques), la qualité d'un test, les biais en épidémiologie et la construction d'un seuil de décision (courbe ROC).

A Grenoble en 2008, un projet d'enseignement et de recherche autour du module de biostatistique de 2^e année a vu le jour, fruit d'une collaboration étroite entre des épidémiologistes, médecins, statisticiens et didacticiens. C'est ce projet, nommé LoE (*Laboratorium of Epidemiology*), que nous allons décrire dans cet article : dans une première partie nous décrirons les réflexions pédagogiques et les choix didactiques qui ont guidé son élaboration et, dans une deuxième partie, les études qui ont été menées pour étayer les hypothèses de travail énoncées dans la première partie. Nous concluons sur une discussion qui propose de relire ce projet comme une situation a-didactique.

I. LE PROJET LOE

1. *Les hypothèses sous-jacentes au projet*

Le *Laboratorium of Epidemiology* LoE (<http://loe3.tel-laboratorium.fr/>, Ney et Balacheff 2008, Gonçalves, Ney, Balacheff et Bosson 2009) est un *jeu sérieux* (Sanchez, Ney et Labat, 2011) qui simule une situation réelle dans laquelle les étudiants de médecine doivent

réaliser une mission où ils jouent le rôle de médecin en santé publique sur plusieurs semaines. Les étudiants doivent concevoir et effectuer une étude épidémiologique puis écrire un article scientifique qu'ils devront présenter à un congrès simulé. Cet enseignement se déroule sur un semestre pédagogique. Ce projet repose sur le constat fait par les doyens de médecine et le ministère de l'enseignement supérieur que :

Avec l'accélération de la recherche, les étudiants en médecine ont besoin de compétences spécifiques pour comprendre et interpréter les résultats du progrès médical. [...] Décrypter, décoder et restituer sont des compétences exigibles d'un professionnel de la santé qualifié. (Communiqué du 26 juillet 2007 de V. Pecresse, <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid20100/lecture-critique-d-article-a-l-examen-national-classant-de-2009.html>)

En parallèle, à Grenoble, l'équipe enseignante avait amorcé une réflexion sur l'enseignement des statistiques en partant d'un double constat :

- un manque d'intérêt chez les étudiants de médecine pour l'apprentissage de la statistique, du moins telle qu'elle leur est enseignée (Valleron 2010) ;
- et dans le même sens que la réflexion ministérielle précitée, cet enseignement était dispensé jusqu'alors sans une véritable articulation avec des besoins professionnels ; ce manque renforçant, par ailleurs, probablement l'absence d'intérêt décrite ci-dessus.

A Grenoble, pour accompagner cette formation et répondre à cette demande ministérielle, le projet LoE a été lancé. Il s'est ainsi construit autour de trois objectifs :

- Motiver les étudiants à l'apprentissage de la statistique ;
- Répondre à la demande ministérielle d'éduquer le regard à la lecture d'articles scientifiques rapportant une étude d'observation ou expérimentale¹ ;
- Donner du sens aux statistiques.

Pour ce faire, LoE s'est basé sur trois hypothèses de travail, décrites ci-après.

- Hypothèse 1 : *Jouer un rôle et s'approprier une mission augmente la motivation.*

Nous distinguons deux points qui ont pour effet de motiver, au sens d'intéresser et d'impliquer, les étudiants. D'une part, il y a l'appropriation (Goncalves et al. 2009), autrement dit la prise de responsabilité, de la mission et des problèmes conçus pour l'apprentissage (Brousseau 2004). D'autre part, le jeu de rôle proposé dans LoE est basé sur des interactions humaines (Ney, Gonçalves, Balacheff, Schwartz et Bosson 2010), ce qui pourrait favoriser aussi la motivation.

- Hypothèse 2 : *Mettre les étudiants en situation de production d'articles contribue à répondre au développement de la LCA.*

Le but est d'apprendre en faisant vivre aux étudiants toutes les étapes qui conduisent à la rédaction d'un article. Les étudiants vont ainsi résoudre un problème complexe et, ce faisant, en apercevoir les difficultés et les limites. Ce qui devrait leur permettre d'acquérir des connaissances pour voir ces difficultés et ces limites dans les articles écrits cette fois-ci par d'autres auteurs.

- Hypothèse 3 : *Articuler le savoir statistique avec des besoins professionnels permet de donner du sens aux statistiques.*

La mission proposée consiste à traiter un problème médical dont la résolution nécessite la mobilisation de connaissances statistiques. Nous souhaitons que les étudiants donnent du sens aux statistiques comme outil pour résoudre des problèmes de la profession qu'ils seront

¹ Bulletin officiel du Ministère de l'Éducation Nationale n° 31 du 30 août 2001

amenés à exercer. Le problème médical peut ainsi être vu comme une raison d'être professionnelle des savoirs statistiques.

Les hypothèses 1 et 3 répondent au premier objectif du manque de motivation. Les hypothèses 2 et 3 répondent au deuxième objectif sur la LCA et l'hypothèse 3 répond au troisième objectif à propos du sens à donner aux statistiques.

2. Présentation du dispositif

Le jeu LoE est entièrement intégré dans le programme pédagogique de la faculté de médecine de Grenoble. Il a été mis en place dans le cadre d'un module de biostatistique de 2^e année qui dure quatre mois et inclut huit sessions de travaux pratiques de quatre heures en présence d'un tuteur et six cours magistraux de deux heures chacun. Dès 2008/2009, le jeu LoE est imposé à un groupe de 28 étudiants (sur une promotion de 164 étudiants). Depuis 2009/2010, il est généralisé pour l'ensemble des étudiants (une promotion de 170 étudiants).

Aujourd'hui, les étudiants se voient confier une mission où ils jouent le rôle d'une équipe de médecins en santé publique. Ils se retrouvent dans une situation professionnelle autrement inaccessible pour eux, puisqu'elle implique d'enquêter sur l'incidence d'une maladie (la maladie thromboembolique veineuse ou MTE) dans plusieurs hôpitaux. Une étape de leur enquête importante au regard des objectifs d'apprentissage concerne l'analyse statistique d'une base de données médicales. Cette analyse doit être faite pour une publication scientifique mais aussi pour proposer un outil décisionnel d'examen qui permette aux médecins hospitaliers d'optimiser les soins et la prévention de la MTE. La solution attendue est d'utiliser des tests d'hypothèse comme preuve scientifique à leur enquête.

Les règles du jeu sont à découvrir par les étudiants lors du premier des huit TP en explorant la plate-forme web du jeu. Elles se présentent sous la forme de tâches à réaliser et de moments de rétroactions à certaines de leur production. Les interactions ne se déroulent pas en présentiel dans le but d'inciter les étudiants à jouer le jeu de ces interactions de manière réaliste. Derrière ces rétroactions, se cachent des tuteurs ou des professionnels de santé qui collaborent à ce projet. Les tâches avec leurs objectifs d'apprentissage sont indiquées dans le tableau suivant. Il est structuré selon les huit TP (colonne de gauche). Ces tâches sont exécutées par des équipes de trois à quatre étudiants. Sont indiquées également, les sources de rétroactions envoyées aux étudiants via l'environnement informatique.

TP	Tâches	Objectifs d'apprentissage	Source de la rétroaction
1	Faire une recherche bibliographique, choisir l'objectif principal de son étude et planifier son travail	Acquérir des connaissances sur une maladie spécifique et la méthodologie utilisée dans le cadre de la recherche en épidémiologie	Experts MTE (via un forum)
2	Concevoir une enquête épidémiologique et envoyer le protocole pour validation	Construire et structurer une enquête (qualité des données, qualité des indicateurs, des considérations éthiques)	Experts du Comité de Protection des Personnes (par mail)
3	Effectuer l'enquête auprès de patients dans un ou plusieurs hôpitaux après en avoir fait la demande.	Mettre en œuvre une enquête (traduire le langage des patients en données, contrôler et organiser les données)	Responsables d'unités à l'hôpital (par téléphone) donnant la permission d'interroger des patients (filmés)
4 et 5	Le nombre de patients « virtuels » interrogés étant insuffisant, demander des données supplémentaires au Département d'Information Médicale. Analyser les données de l'enquête.	Organiser et mettre en œuvre une analyse des données à l'aide d'un logiciel de statistique (en particulier le logiciel R2web proposé sur la plate-forme) et proposer des interprétations des résultats	Rétroactions du logiciel

5 et 6	Rédiger un article et le soumettre à un congrès	Comprendre comment un article de médecine est structuré, comment sélectionner et présenter des résultats et des éléments de preuve statistique	Rapporteurs du congrès (via la plate-forme web)
7	Remplir un bon de demande d'examen hospitalier. Intégrer les remarques du rapporteur et préparer un exposé	Synthétiser les résultats en prenant en considération les commentaires du rapporteur	Experts assistant au congrès
8	Participer à un congrès médical	Argumenter les choix diagnostics découlant des travaux précédents	Experts assistant au congrès

Tableau 1 – Tâches des étudiants, objectifs d'apprentissage et les sources des rétroactions

Parmi toutes les possibilités de contrôler leurs productions offertes aux étudiants (voir les sources de rétroactions dans le tableau 1), trois sont des moments de validation obligatoires : une autorisation d'interroger des patients (qui sont en fait des vidéos préenregistrées de patients) doit être obtenue avant d'aller visiter les chambres, le protocole doit être validé par le Comité de Protection des Personnes avant d'être implémenté à l'hôpital et l'article doit être accepté par le comité scientifique du congrès. Dans le premier cas, il s'agit d'une demande formulée sur une boîte vocale qui est ensuite acceptée ou refusée (notification par SMS ou par téléphone). Dans les deux derniers cas, les étudiants auront à revoir leur production écrite, si cela leur est demandé.

De plus, il y a un système de récompense. Les équipes d'étudiants les plus performantes gagnent le droit de présenter leurs résultats dans une communication longue (10 minutes au lieu de 5 pour les autres) lors du congrès qui se déroule le dernier jour. Un tiers des articles (15/45) a été sélectionné pour une communication longue en 2010 et un peu plus du quart (13/47) en 2011.

II. RETOUR SUR LES HYPOTHESES

Lors de la mise en place d'un changement pédagogique d'une telle envergure, il est légitime de se demander si les étudiants ayant suivi le nouvel enseignement ne sont pas, au moins, défavorisés par rapport aux étudiants ayant suivi l'enseignement avant changement. Mais l'évaluation d'un enseignement et de son impact est compliquée. Nous avons cherché à faire une relecture de nos trois hypothèses de travail et évaluer a posteriori leur réelle mise en place, leur faisabilité et leur pertinence. Pour ce faire, nous avons exploité différentes productions (éléments de cet enseignement atypique, études réalisées par notre équipe,...) issues des trois dernières années scolaires où LoE a été utilisé :

- Certaines *interactions* au cours du jeu entre les étudiants et des personnages du jeu. Elles peuvent être des moments de validation et de contrôle (cf. tableau 1) ou non. L'analyse de ces interactions a été utilisée pour étayer l'hypothèse 1, ce qui sera présenté en section II.1.
- Des *entretiens* de 5 minutes menés par un membre de notre équipe auprès des étudiants ayant suivi l'enseignement du projet LoE. Environ la moitié des équipes, soit une moyenne de 22 étudiants par séance, a été ainsi interrogé juste après chacun des huit TP. Lors de ces entretiens, le chercheur-interviewer demandait d'abord à l'étudiant ce que son équipe avait produit le jour même, pour lui remettre en mémoire la séance ; puis trois questions suivaient invariablement : « Qu'avez-vous produit aujourd'hui ? », « Avez-vous trouvé crédible ce que vous avez fait aujourd'hui ? », « Pensez-vous que ce que vous avez fait aujourd'hui soit utile pour votre formation ? ». Le chercheur interagissait très peu afin de laisser les étudiants expliciter spontanément leur ressenti. Ces entretiens ont été utilisés pour étayer l'hypothèse 1.

- Les résultats à différents *examens* de la promotion de l'année scolaire 2008/2009 où LoE a été « imposé », comme nous l'avons dit plus haut, à un groupe de 28 étudiants alors qu'en parallèle, un enseignement de biostatistique « sans jeu » (celui prodigué les années précédentes) était dispensé au reste de la promotion (136 étudiants). Ces enseignements en parallèle ont permis de revenir sur l'hypothèse 2.
- Les réponses à un *questionnaire* posé à cette même promotion 2008/2009. 19 étudiants du groupe LoE et 20 sans LoE ont été interrogés sur leurs impressions (Chazot 2010 ; Ney, Croset, Chazot et Gonçalves 2010). Elles ont permis d'étayer les trois hypothèses.
- Enfin, les *témoignages* des enseignants, relecteurs des articles, permettent un retour sur l'hypothèse 3.

Nous expliquons maintenant comment chacune de ces productions a permis de revenir sur les trois hypothèses.

1. Retour sur l'hypothèse 1 : analyse des interactions, des entretiens et du questionnaire

La première hypothèse concerne l'appropriation d'une mission, incluant un rôle et des interactions avec divers personnages, pour augmenter la motivation. Cette appropriation est le résultat d'un transfert de responsabilité de la résolution des problèmes posés par la mission, des enseignants vers les équipes d'étudiants.

Cette hypothèse induit deux questions : est-ce que les conditions mises en place pour permettre l'appropriation ont effectivement conduit à cette prise de responsabilité et est-ce que cette appropriation a conduit à une plus grande motivation. Nous n'avons pas testé de manière expérimentale ces questions, mais nous avons des éléments de réponses directs sur la première et indirects (des indications de motivation sans lien causal prouvé avec l'appropriation) sur la deuxième.

Nous avons analysé les *interactions* décrites précédemment. Ce sont les moments où les étudiants interagissent par téléphone, par mail ou avec des vidéos (tableau 1). En analysant ces données, nous cherchions à identifier des signes d'appropriation de leur rôle chez les étudiants. Nous avons constaté que les étudiants jouent le jeu demandé par ces interactions mais pas toujours. Par exemple, les étudiants ont jugé l'interaction par téléphone non crédible sur la base principalement du canal de communication (laisser un message vocal sur un répondeur) ce qui a pu entraîner un manque d'engagement dans l'activité se traduisant notamment par un contenu des appels incomplet et donc des objectifs d'apprentissage sans doute non atteints. Par contre, les interactions par mail ou par vidéo ont été plus efficaces en terme d'appropriation de la mission, des problèmes et du rôle. Les *entretiens* des étudiants « à chaud » juste après chaque TP ont confirmé ces résultats. Il ressort de ces entretiens également que l'appropriation ne s'est pas faite dès le premier TP, sans doute à cause d'une rupture du contrat didactique qui laisserait les étudiants dans un état plus passif que prévu.

A propos de la motivation, nous avons exploité le *questionnaire* passé auprès des étudiants ayant suivi l'enseignement avec ou sans LoE. Nous montrons que le sentiment d'utilité du jeu pour la formation évolue positivement au cours des semaines. En effet, les ressentis des étudiants du projet LoE (évalués sur une échelle à quatre valeurs) évoluent positivement au cours des travaux pratiques. Une analyse des différences entre les deux scénarios d'enseignement, sur lesquels nous revenons dans la section suivante, a permis de relier cette motivation grandissante à deux facteurs principaux : l'obtention de reconnaissance (par exemple celle liée au congrès simulé) et le fait de jouer un rôle (celui d'un médecin) (Croset, Ney, Gonçalves, Balacheff, Schwartz et Bosson 2011).

2. Retour sur l'hypothèse 2 : analyse des résultats aux examens et du questionnaire

La deuxième hypothèse fait le pari qu'en demandant aux étudiants de produire eux-mêmes un article, ils seront à mêmes de porter un regard critique sur d'autres articles. Nous nous sommes alors posés deux questions : les étudiants ayant été insérés dans le projet LoE ont-ils été défavorisés lors d'examens de biostatistique par rapport aux étudiants ayant suivi le module « sans jeu » ? En allant plus loin, ces étudiants seraient-ils même plus compétents lors d'une lecture critique d'articles de biostatistique ? Pour répondre à ces questions, nous avons exploité les résultats aux *examens* de la promotion pilote 2008/2009.

Présentons sommairement les différences et ressemblances entre les deux enseignements de biostatistique, avec et sans LoE, ayant eu lieu cette année-là. Les deux groupes d'étudiants² avaient le même type de travail à effectuer et sur un calendrier identique, à savoir une enquête, une analyse statistique et un article à rédiger puis à présenter oralement à la fin du module. On peut cependant noter quelques différences entre les deux types d'enseignement. Tout d'abord, dans le module sans LoE, les étudiants devaient mener une enquête afin de répondre à une question de leur choix. Ils étaient donc libres de choisir le sujet de leur enquête qui était bien souvent sans rapport avec le médical. En revanche, avec LoE, les étudiants devaient choisir une question dans le cadre de la problématique des MTE. De plus, dans le module sans LoE, la majorité des étudiants ont réalisé leur enquête auprès de personnes dans la rue ou d'étudiants sur le campus, manquant très souvent au final d'effectif suffisant pour leur enquête. Avec LoE, les étudiants ont interrogé des patients à l'hôpital (certes, de façon virtuelle, les patients étant des vidéos préenregistrées) et ils ont eu accès à une base de données leur permettant de faire des analyses sur de plus grands échantillons. Enfin, le gain et l'enjeu étaient plus importants pour le groupe LoE puisqu'il y avait une sélection des articles en communication longue ou courte et une présentation formelle en congrès simulé.

Nous avons comparé les résultats obtenus par les 28 étudiants du groupe LoE et les 136 étudiants sans LoE à trois examens qui ont lieu en 2^e année (à l'issue du module de biostatistique) et en 3^e année (après deux sessions d'entraînement à la LCA). La comparaison des notes obtenues à l'examen de 2^e année montre que LoE a un effet significativement positif sur les questions de biais des études et sur leur capacité à détecter l'objectif principal de l'étude. En revanche, il semble que LoE a un effet négatif sur l'aspect purement calculatoire tel que le calcul des bornes de l'intervalle de dispersion. LoE aurait aussi un impact positif sur la rétention (compétence des étudiants à long terme) puisque les étudiants ayant suivi l'enseignement avec LoE réussissent significativement mieux à l'examen de 3^e année de LCA que les autres étudiants (Croset et al. 2011), cf. figure 1.

² La répartition des étudiants avait été faite alphabétiquement. De plus, un test de Mann-Whitney sur leur rang de sortie de 1^{re} année de médecine a montré qu'il n'y avait pas de différence significative de niveau entre ces deux groupes.

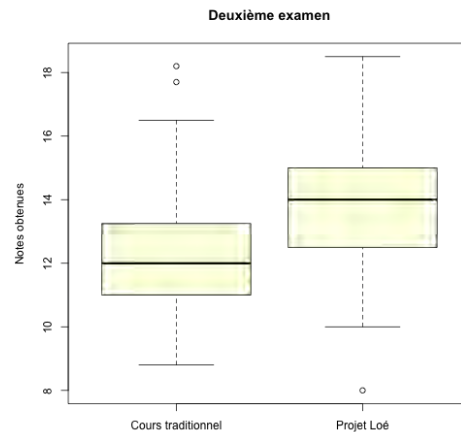


Figure 1 – La comparaison des notes obtenues à l'examen de 3^e année par les 28 étudiants du projet Loé et par les 136 étudiants de l'enseignement traditionnel relève que la moyenne est significativement plus élevée (p -valeur < 0,01) en faveur des étudiants du projet Loé.

L'étude de réponses au questionnaire va dans le même sens. En effet, des questions mesurées sur une échelle de Likert de quatre valeurs portaient sur l'impact de l'enseignement de biostatistique sur la LCA. Par exemple, « est-ce que la démarche apprise lors des TP vous sert pour votre formation / la lecture critique d'articles / votre culture générale ? » ou « est-ce que le recueil de données était utile pour votre formation / la lecture critique d'articles / votre culture générale ? ». Les étudiants ayant suivi le module avec LoE ont répondu significativement plus souvent la LCA : (19 étudiants du projet LoE ont répondu que la démarche apprise leur servirait la LCA) que les étudiants du cours sans LoE (au nombre de 12). Cela va dans le sens des résultats aux examens : les étudiants LoE semblent être mieux préparés que les autres pour la Lecture Critique de l'Article et en avoir conscience.

3. Retour sur l'hypothèse 3 : analyse du questionnaire et des impressions des enseignants-relecteurs

La troisième hypothèse porte sur l'articulation de l'enseignement de la biostatistique aux besoins de la profession médicale pour donner du sens aux statistiques. Les réponses au questionnaire nous aident à nouveau à étayer cette hypothèse. En effet, les réponses (toujours données sur une échelle de Likert) à la question « grâce aux TP, savez-vous mieux utiliser les tests statistiques ?³ » montrent là-aussi une différence significative entre les deux groupes d'étudiants : les étudiants du groupe LoE se sentent plus en confiance avec les tests statistiques que les étudiants du groupe dit « sans LoE ».

Par ailleurs, depuis 3 ans, nous recueillons les commentaires des enseignants ayant en charge le module basé sur l'utilisation de LoE. Avant la mise en place de LoE, ces mêmes enseignants enseignaient déjà pour le module de biostatistique. Leurs impressions nous semblent donc intéressantes pour évaluer et améliorer le système d'année en année mais aussi pour revenir sur l'hypothèse 3 puisque ces enseignants sont experts à la fois en statistiques et en besoins de la profession médicale, étant pour la plupart médecins. Nous présentons les commentaires qu'ils ont faits à la suite de la relecture des articles (quatre relectures environ par enseignant).

³ Les tests principalement enseignés (comme faisant partie des objectifs d'enseignement) aux étudiants sont les tests de comparaison de moyennes.

Globalement, les enseignants sont satisfaits de la bonne utilisation et compréhension des tests statistiques ce qui était l'un des objectifs d'apprentissage du TP. Les articles leur semblent même d'année en année de meilleure facture avec moins d'erreurs. Ils notent que la principale difficulté reste, cependant, pour les étudiants, de contextualiser les méthodes et de mêler raisonnement médical et résultats statistiques. Ainsi, les étudiants sont capables d'écrire un article sur l'étude d'un facteur de risque, à partir d'un échantillon cas-témoins, en concluant qu'il y a un facteur de risque avéré, sans jamais donner la fréquence de la maladie dans les deux groupes. Malgré la volonté du projet LoE de contextualiser les statistiques, les étudiants ont encore tendance à s'accrocher à l'idée que c'est un enseignement de statistiques et à oublier leurs autres connaissances et le contexte professionnel. Par exemple, dans un article, sur 400 patients, seulement 12 n'avaient pas reçu de traitement préventif et les étudiants n'ont pas eu le réflexe de regarder les particularités éventuelles de ces cas (telle que l'âge) ou de refaire une étude en les excluant. A contrario, certains étudiants, lors des TP, ont eu de mal à mobiliser les connaissances théoriques statistiques vues et apprises l'année précédente. Alors que ces étudiants ont montré des compétences indéniables pour un apprentissage par cœur des statistiques lors du concours de 1^{re} année, ils ont des difficultés à exploiter ces mêmes connaissances dès lors qu'elles sont contextualisées dans un cadre différent.

Nous avons donné des indications de la pertinence des trois hypothèses de travail qui ont été à l'origine du dispositif LoE, concernant l'amélioration de la motivation, une meilleure réussite à la LCA, et un sens accru donné aux tests d'hypothèse. Cependant, pour chacune de ces hypothèses, nous avons aussi vu des limites ou des améliorations à apporter au projet, un temps important pour une bonne appropriation, des difficultés chez les étudiants à mettre en œuvre certains calculs ou à mobiliser des connaissances théoriques en contexte professionnel.

III. DISCUSSION

Comme nous venons de l'évoquer à nouveau à propos de l'hypothèse 1, les étudiants ont mis du temps pour s'approprier la mission. La situation étant nouvelle, elle nécessite la mise en place de nouvelles règles du contrat didactique. Nous considérons que cette phase est importante dans notre dispositif car elle détermine la dévolution de la situation (Brousseau 2004). Ce point est interrogé dans le travail de thèse de Gonçalves (Gonçalves et al. 2009). Plus largement, nous nous demandons si le dispositif LoE se donne les moyens pour que la situation soit vécue comme a-didactique. Le dispositif n'a pas été conçu a priori avec cette volonté-là. Cependant, les hypothèses d'apprentissage sous-jacentes ont abouti à la construction d'une situation dans LoE qui nous semble répondre aux critères d'une situation a-didactique ou qui pourraient évoluer dans ce sens-là.

En effet, dans ce dispositif, la situation a été proposée de telle sorte que les étudiants construisent leur rapport à l'objet de connaissance ou plutôt modifient ce rapport comme réponse aux exigences du milieu et non au désir de l'enseignant (Brousseau 2004). L'analyse du dispositif montre qu'il y a bien eu un transfert de responsabilité par rapport au savoir de l'enseignant vers les étudiants (partie III.1.). La connaissance visée, par exemple « utilisation de test statistique » est envisagée par les étudiants comme une réponse optimale pour mener à bien la mission car elle est seule capable d'apporter une preuve scientifique à leur résultat. Le milieu permet des rétroactions (tableau 1) permettant la validation de la procédure par l'étudiant. Enfin, le dispositif permet aussi de répéter certains aspects du jeu tel que refaire un test statistique en fonction de la rétroaction renvoyée par le logiciel d'analyse statistique (intégré à l'environnement informatique de LoE), réinterroger les patients des hôpitaux ou encore améliorer son article suite aux commentaires des relecteurs.

Enfin, nous considérons le dispositif mis en place, présenté dans le tableau 1, comme une AER (Activités d'étude et de recherche) au sens de Chevallard (2005). En effet, ces activités permettent l'étude par la construction collective du savoir comme une recherche de réponse à un problème dévolu aux étudiants et la réponse au problème de départ constitue une raison d'être du savoir statistique visé.

REFERENCES

- Brousseau G. (2004) *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Chevallard Y. (2005) Place des mathématiques vivantes dans l'éducation scolaire : transposition didactique des mathématiques et nouvelle épistémologie scolaire. In *Actes de l'université d'été d'Animath à Saint-Flour en Août 2004*, Brochure APMEP n° 168 Ed. APMEP.
- Coquidé M., Lange J.-M. (2006) Introduction de l'ouvrage collectif. In Coquidé M., Lange J.-M., Tirard S. (Eds) *Epidémiologie, pour une éducation raisonnée à l'incertitude*. Paris : Vuibert Adapt-snes.
- Croset M.-C., Ney M., Gonçalves C., Balacheff N., Schwartz C., Bosson J.-L. (en révision en 2011) Evaluation of immersive experiences in a medical game: student exchanges with characters of the game. *Simulation and gaming: an interdisciplinary journal*.
- Gonçalves C., Ney M., Balacheff N., Bosson J.-L. (2009) *Student's Problem Appropriation in an Epidemiology Game*. Paper presented at ECGBL 2009, European Conference on Game-Based Learning. Graz, Austria.
- Ney M., Balacheff N. (2008) *Learning aware environment: a Laboratorium of epidemiological studies*. Paper presented at the Adaptive Hypermedia Conference, Workshop on Technologies for Mobile and Wireless Adaptive E-learning Environments. Hanover, Germany.
- Ney M., Croset M.-C., Chazot D., Gonçalves C. (2010) Evaluer l'impact d'un jeu sérieux sur les compétences et les perceptions des étudiants. *Actes de la conférence TICE 2010 (Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement)*. Nancy, décembre 2010.
- Ney M., Gonçalves C., Balacheff N., Schwartz C., Bosson J.-L. (2010) Phone, Email and Video Interactions with Characters in an Epidemiology Game: towards Authenticity. *Lecture Notes on Computer Science (LNCS), Transactions on Edutainment IV*, 241-255.
- Sanchez E., Ney M., Labat J.-M. (2011) Jeux sérieux et pédagogie universitaire : de la conception à l'évaluation des apprentissages. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire* vol. 8, n°1-2.
- Valleron A.-J. (2010) Préface de l'ouvrage collectif. In Beuscart R., Benichou J., Roy P., Quantin C. (Eds) *Biostatistique, licence PCEM/PCEP*. Paris : OmniScience.