

Jeux pour apprendre et enseigner l'éducation au développement durable : explorer la pertinence du jeu et l'apprentissage expérientiel pour la durabilité

YOUSSEF LEFDAOUI¹, NEJJAR BOUBKER¹, KHALID NAFIL²

*¹Laboratoire d'Analyse des Systèmes, Traitement d'Information et Management Intégré (LASTIMI), École Supérieure de Technologie de Salé
Maroc*

*ylefdaoui@gmail.com
nejjar.boubker@gmail.com*

*²Université Mohammed V
Maroc
k.nafil@um5s.net.ma*

RÉSUMÉ

Dans l'ingénierie de formation, le processus traditionnel de construction des connaissances utilise un canal unidirectionnel de communication et de diffusion de l'information qui est celui de l'enseignant vers l'étudiant, celui-ci jouant le rôle du récepteur passif par rapport à l'offre proposée par l'enseignant. Au cours des dernières années, la tendance est orientée vers les paradigmes d'apprentissage actif où les étudiants sont au centre du processus éducatif. L'interaction entre l'enseignant et les élèves est plus dynamique, renforcée par des outils technologiques, elle présente du contenu riche et des activités flexibles. L'intégration des Environnements Virtuels basés sur les jeux de simulation dans la formation des techniciens, pour les engager dans des expériences d'apprentissage innovantes, contribue à ces nouveaux paradigmes. Cet article présente la mise en pratique de ces méthodes d'apprentissage avec étudiants techniciens en deuxième année de formation en génie civil. Dans notre étude, les étudiants ont été impliqués dans des environnements de simulation/jeu sérieux : Enercities, un jeu basé sur un apprentissage expérientiel des utilisations des énergies renouvelables dans le contexte de développement durable d'une cité virtuelle. Après, leurs connaissances ont été testées et leur perception de la pertinence du système du jeu a été évaluée. Les résultats montrent que la construction de connaissances a été grandement améliorée et que la motivation des élèves pour l'apprentissage a été augmentée.

MOTS-CLÉS

Jeux sérieux, éducation au développement durable, apprentissage expérientiel

ABSTRACT

In engineering education, the traditional process of knowledge construction uses a one-way channel of communication and information dissemination which is that of the teacher to the student, the latter playing the role of passive receiver relative to the offer proposed by the teacher. In recent years, the trend is towards active learning paradigm where students are at the center of

the educational process. The interaction between teacher and students is more dynamic, strengthened by technological tools, it has rich content and flexible activities. Integration of Virtual Environments based on simulation games in training technicians to engage in innovative learning experiences, contributes to these new paradigms. This paper presents the implementation of these methods of learning with students in second year of technical training in civil engineering. In our study, students were involved in simulation environments / serious game: EnerCities, based on an experiential learning uses of renewable energies in the context of sustainable development of a virtual city game. Afterwards, their knowledge was tested and their perception of the relevance of the game system was evaluated. The results show that the construction of knowledge has been greatly improved and student motivation for learning was increased.

KEYWORDS

Serious games, education to sustainable development, experiential learning

INTRODUCTION

La réduction de la consommation d'énergie, et donc l'émission de CO₂, est devenue le point focal des politiques environnementales à travers le monde. Le Protocole de Kyoto de 1997 et le quatrième rapport d'évaluation intergouvernemental sur l'évolution du climat (Inter-governmental Panel on Climate Change [IPCC]) ont incité, notamment les pays industriels, à réduire les émissions du CO₂ de 20% d'ici 2020.

Afin d'œuvrer pour une énergie durable, les décideurs se concentrent, de plus en plus, sur l'éducation des jeunes adultes pour stimuler leur prise de conscience sur les comportements en matière d'économie d'énergie. C'est ainsi que des canaux médiatiques et des institutions d'éducation, offrent d'excellentes possibilités pour toucher les jeunes et les éduquer sur les comportements à tenir vis-à-vis de l'utilisation de l'énergie. Néanmoins, les canaux non-interactifs et les programmes d'éducation traditionnels ne semblent pas correspondre aux styles de traitement, de communication et des échanges sociaux des jeunes.

Les jeunes d'aujourd'hui, souvent connus sous le nom de la *génération du Net*, évoluent dans un monde envahi par l'Internet, les tablettes, les téléphones cellulaires et les jeux vidéo. Ils sont aussi multitâches, préfèrent l'information visuelle plutôt que textuelle, et très actifs sur les sites des réseaux sociaux (Siemens, 2005; Attwell, 2007). Pour être efficace, les stratégies visant à sensibiliser les jeunes sur les économies d'énergie devraient tenir compte de ces aspects. C'est ainsi que l'attention est portée sur les jeux sérieux qui sont souvent considérés comme des outils d'apprentissage efficaces en raison de leur caractère attrayant et engageant (Zyda, 2005). Dans cette contribution nous proposons un modèle d'apprentissage du développement durable selon une approche expérientielle (Kolb, 1984), en utilisant les jeux de simulation, sous les hypothèses suivantes: H1) les étudiants peuvent acquérir un apprentissage significatif à travers le jeu de simulation, H2) les étudiants peuvent capitaliser sur leurs connaissances antérieures suite à une expérimentation active.

USAGE DES JEUX DANS L'ÉDUCATION AU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Définition des serious games

Incontestablement, il faut remonter au tout début de la décennie passée pour pouvoir situer les premiers écrits probants sur les “jeux sérieux”. Cette dernière expression fut introduite par le père des Digital Natives (Prensky, 2001), en parallèle avec le succès du jeu développé par l’armée américaine, “America’s Army”, artefact d’enrôlement. Depuis, l’intérêt pour les jeux à des fins autres que ludiques (surtout éducatives), n’a cessé de croître, notamment après les travaux de Zyda et de Sawyer.

Mais, de quoi parle-t-on en fait ? Immersive learning simulations, digital game-based learning, gaming simulations, advergaming, serious gaming, learning games, etc une polysémie dénotant des possibilités presque sans limites de l’utilisation des jeux. Toutefois, l’oxymore “serious games”, de par la contradiction qu’il renferme donc, semble le plus retenu par la communauté qui s’y intéresse.

Nous retenons ici la définition donnée par Alvarez (2007). Ce dernier a tenté un couplage entre deux visions, plutôt concordantes, du serious game, celle de (Zyda, 2005) où il définit le serious game comme : « *A mental contest, played with a computer in accordance with specific rules, that uses entertainment to further government or corporate training, education, health, public policy, and strategic communication objectives* » ; et, celle de Sawyer, promoteur du Serious Game Summit (<http://www.seriousgamessummit.com>), pour qui le serious game renvoie à des applications informatiques initiées par « *...developers, researchers and industrial people, who are looking at ways to use video games and video games technologies outside entertainment* ». Donc, pour Alvarez (2007) le serious game est une « application informatique, dont l’objectif est de combiner à la fois des aspects sérieux tels, de manière non exhaustive, l’enseignement, l’apprentissage, la communication, ou encore l’information, avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo. Une telle association a donc pour but de s’écarter du simple divertissement ». Les champs d’application des serious games ne cessent de s’étendre. Dans le même sillage, Sawyer & Smith (2008) en ont dressé une taxonomie détaillée par genre et par secteur, afin de mieux appréhender leur classification.

Serious games et apprentissage

Est-ce que les jeux permettent l’apprentissage? Plusieurs écrits répondent positivement à ce questionnement (Baranowski & al., 2003). En tout cas, les jeux destinés à l’éducation et à la formation connaissent un développement considérable. La question qu’on devrait réellement poser c’est comment rendre un jeu éducatif ?

Selon Salen & Zimmerman (2004), les jeux éducatifs doivent avoir une finalité et des règles pour guider les joueurs à bien apprendre, une sorte de “jeu significatif” (meaningful play), interpellant l’intellect du joueur d’une manière explicite. Ce jeu significatif survient quand les relations entre les actions et les résultats dans un jeu sont discernables et intégrables dans un large contexte de jeu. Le design du jeu doit se focaliser sur les résultats d’apprentissage désirés plus que sur l’aspect ludique, pour que le jeu devienne sérieux. Dans le même sens, (Dondlinger, 2007) distingue un certain nombre d’éléments à maîtriser, pouvant accorder des habiletés aux joueurs ou, de façon générale, sont nécessaires pour rechercher des résultats d’apprentissage, tels que : le contexte de narration, les règles, les objectifs, les récompenses, le multisensoriel et l’interactivité.

De la conception à l’utilisation des jeux, le nœud du problème se trouve donc dans un dosage savant entre la dimension ludique et les préoccupations relatives à l’apprentissage.

Serious games, apprentissage et développement durable

On peut cerner le développement durable (DD) à travers le triptyque : économie, social et environnement. Il prend des formes très diverses à travers le monde. Les idéaux et principes de la durabilité englobent, notamment, des concepts généraux comme l'équité entre les générations, la parité entre les sexes, la paix, la tolérance, la lutte contre la pauvreté, la préservation et la restauration de l'environnement, la conservation des ressources naturelles et la justice sociale. Sur le chemin de la réalisation du développement viable, l'éducation joue un rôle pivot incontesté (Sauvé, 2007), d'où l'expression de l'Éducation pour le Développement Durable (EDD). En parallèle à cela, la Décennie de l'éducation pour le développement durable a été conçue de manière à réorienter l'éducation, la formation et même la gouvernance afin de permettre à chaque individu d'aborder le monde avec le souci de la durabilité (UNESCO, 2013).

Deux visées générales dominent le débat académique sur l'EDD : le positivisme et le constructivisme.

- Le positivisme procède par déterminisme quantitativiste, voulant amener les individus à avoir un comportement environnemental responsable. Ce comportement "écologiste" étant identifié comme l'objectif final de l'EDD. Ainsi, plusieurs modèles ont été développés, surtout dans les années 70 et 80 (Marcinkowski, 1990).
- Le constructivisme, reconnaissant la réalité complexe entre pédagogie-apprenant-environnement, va chercher des "significations" aux actions humaines. Il considère que les principes et les thèmes peuvent être transférés et non pas reproduites à l'identique et à l'infini. L'environnement étant saisi comme un construit social (Robertson, 1994), la résultante d'une action humaine, réfléchie ou spontanée.

Les modèles développés (Robottom & Hart, 1993) proposent des problèmes socio-environnementaux qui favorisent l'apprentissage significatif. Les apprenants partant des connaissances acquises et les nouvelles informations collectées devraient être capables, par leur propre soin, de réfléchir sur leur apprentissage en-cours (action participative).

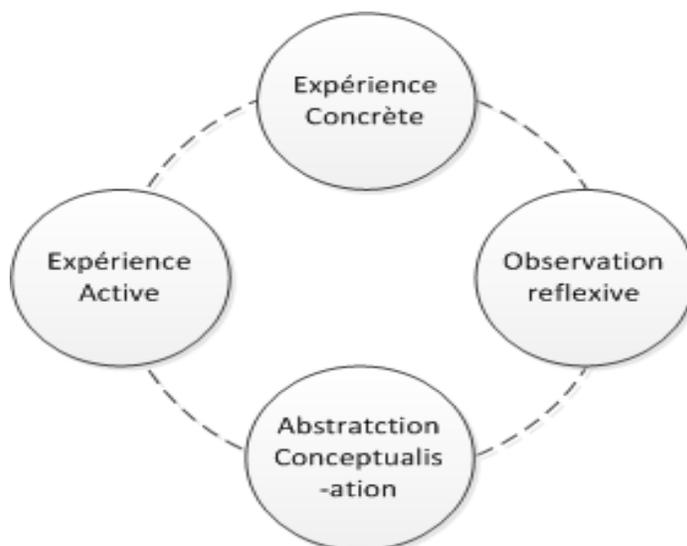
Du fait de son caractère, à la fois, polémique (Tilbury, 2011) et multidisciplinaire, le DD suscite un certain nombre de postures, soit de façon générale (Girault & Sauvé, 2008) ou parmi la communauté des enseignants (Lange, 2008). On assiste, donc, à un continuum d'actions allant de la simple sensibilisation aux questions du DD jusqu'à chercher à changer complètement le comportement des apprenants.

Les serious games constituent un atout indéniable par l'encouragement d'un apprentissage actif et différent. Dans ce sens, nous partageons la thèse défendue par Dieleman & Huisingh (2006) sur la pertinence de la théorie de l'apprentissage expérientiel et le rôle des jeux dans l'EDD.

L'APPRENTISSAGE EXPÉRIENTIEL

Kolb (1984) définit l'apprentissage expérientiel comme un ensemble d'outils et de techniques qu'on investit pour fournir aux apprenants des expériences à partir desquelles ils peuvent apprendre. Il propose un cycle d'apprentissage à quatre étapes où la continuité de l'expérience concrète, l'observation réflexive, la conceptualisation abstraite et l'expérimentation active fournissent une approche holistique invoquant le perceptuel, l'affectif, le symbolique ainsi que les aspects comportementaux de l'apprentissage (figure 1).

FIGURE 1

*Modèle d'apprentissage expérientiel de Kolb*

La connaissance, selon Kolb (1984), résulte de l'interaction entre la théorie et l'expérience : l'apprentissage est le processus via lequel la connaissance est créée à travers la transformation de l'expérience. Il suggère que pour avoir une expérience d'apprentissage complète, l'apprenant doit passer par les quatre étapes du cycle d'apprentissage, mentionnées ci-haut, pour pouvoir acquérir une bonne compréhension du sujet mais aussi de s'accommoder avec les différents styles d'apprentissage.

Kolb avait fondé ses propos sur, principalement, les travaux de Dewey, Lewin et Piaget. Lewin (1939) insiste sur l'intégration de la théorie dans la pratique. Piaget (1975) montre lui comment le développement cognitif est influencé par l'expérience. Pour Dewey (1938), l'expérience est définie comme un processus de liaison entre l'action et la pensée au niveau de l'interaction des personnes avec leurs environnements. Il a fondé sa théorie sur les concepts de la continuité et de l'interaction : la continuité maintient les relations entre les expériences passées et futures, tandis que l'interaction est la façon avec laquelle les expériences passées interagissent avec les situations courantes. On comprend alors que dans un contexte d'enseignement, il est important de construire sur les expériences des apprenants et essayer ensuite de les exploiter lors des expériences futures.

Ainsi, durant l'étape de l'expérience concrète l'apprenant expérimente la chose activement au lieu de se placer dans la situation du simple récepteur de l'expérience des autres. Lors de l'étape de l'observation réflexive, l'apprenant dispose d'un temps d'observation et de réflexion pour construire ses significations et interprétations propres à partir de l'expérience vécue. Durant l'étape de conceptualisation abstraite, l'apprenant sur la base de ce qu'il a pu observer lors de l'étape précédente va pouvoir dégager, produire et construire des concepts abstraits propres et relatifs à l'expérience. Pendant l'étape de l'expérience active, l'apprenant va essayer d'appliquer et intégrer les concepts dégagés dans l'étape précédente au niveau d'une nouvelle expérience.

VERS UN MODÈLE D'INTÉGRATION DES JEUX ET D'ÉVALUATION DES APPRENTISSAGES

L'introduction des jeux de simulation se révèle compatible avec l'apprentissage expérientiel, par le fait qu'ils proposent des expériences d'apprentissage riches et offrent des défis à difficulté graduée. Dans ce contexte, les apprenants s'engagent, personnellement comme collectivement, dans des expériences partagées, où les interactions permettent des "essais-erreurs" (trial and fall), des feedbacks immédiats et la prise de décision (Garris, Ahler & Driskell, 2002). En effet, éduquer pour le développement durable exige des approches et des outils de promotion de la pensée systémique afin de faire face à la complexité inhérente aux problèmes de la durabilité, tels que le changement, l'incertitude et l'anticipation. En raison de leurs caractéristiques, les jeux peuvent offrir des environnements pour mettre en œuvre, en toute sécurité (safety), des scénarios de solutions où la décision se base sur diverses connaissances dont l'impact est immédiatement observable. (Fabricatore & Ximena, 2012).

Le modèle que nous proposons, décrit l'usage du jeu de simulation dans l'apprentissage expérientiel (Kolb, 1984), tout en étant soutenu par différents types d'évaluation formative à base du jeu (Chung & Baker, 2003; Spector & Koszalka, 2004; Dummer & Ifenthaler, 2005; Chin & al., 2009; Ifenthaler, 2009). Le choix d'un type d'évaluation, dépendra des tâches d'apprentissage prévues par chaque étape du cycle de Kolb (figure 2).

Public cible

Le groupe cible est constitué d'étudiants âgés entre 19 et 22 ans, qui sont en cours de formation en Energies Renouvelables. Le cursus est composé de modules tels que : le développement durable, l'audit énergétique, les énergies renouvelables, des outils logiciels spéciaux, l'aérodynamique, les normes, etc. Les enseignements sont essentiellement magistraux et l'évaluation se porte sur les connaissances déclaratives et procédurales pour chaque module d'une manière non croisée.

Les objectifs de l'activité d'apprentissage

L'activité d'apprentissage consiste à mettre en exercice les acquis des étudiants d'une manière consolidée, pour faire face à des situations de développement durable d'une ville selon l'évolution de son envergure, les besoins en énergie de sa population et les installations à effectuer, tels que : barrages, usines, habitations, etc.

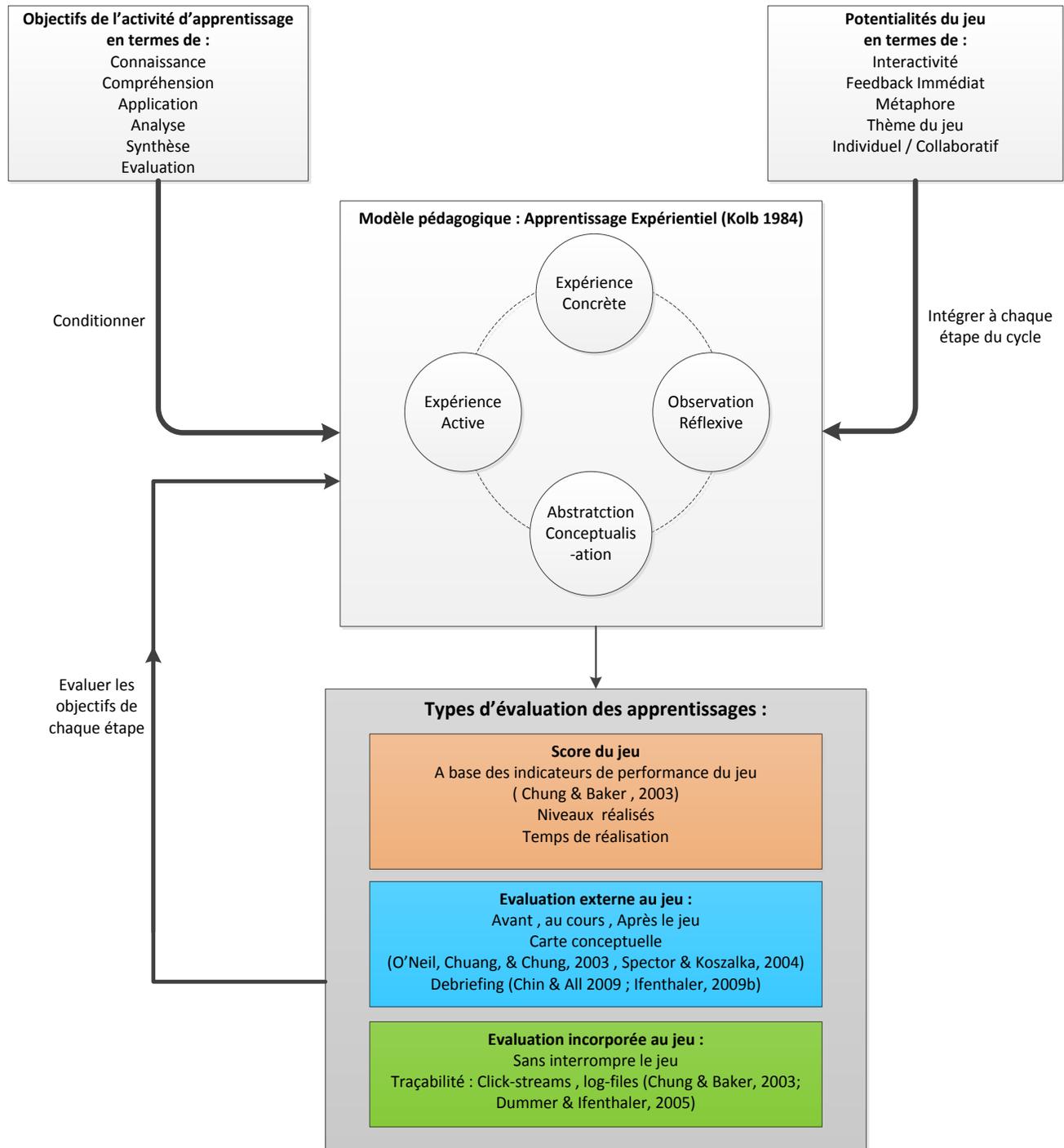
Présentation du jeu de simulation Enercities

EnerCities est un jeu en ligne (www.EnerCities.eu) dans lequel les joueurs sont engagés dans un défi pour construire une ville durable. Le jeu commence avec un petit village et un petit espace de terrain à bâtir. Grâce à l'interface de type glisser-déposer les joueurs peuvent construire des structures (par exemples, les zones résidentielles et industrielles, les sources d'énergie renouvelables / non- renouvelables, les zones vertes) pour développer la ville. Le joueur doit chercher un équilibre entre le bien-être, l'environnement et l'économie tout en gardant une ville en pleine croissance avec suffisamment d'énergie.

La décision de chaque joueur influe sur les scores : le bien-être, l'environnement et l'économie. Lorsque l'équilibre entre ces indicateurs est atteint, les joueurs reçoivent plus de surfaces exploitables et par conséquent, des possibilités supplémentaires d'élargir leur ville (figure 3). Le jeu permet aux joueurs d'exécuter plusieurs stratégies et de voir les résultats de leurs décisions-actions sur le long terme. La durée du jeu est d'environ 15-45 minutes, en

fonction des stratégies du joueur. Le jeu existe également sur Facebook, ce qui permet de partager les scores et les expériences avec les pairs.

FIGURE 2



Modèle d'intégration du jeu de simulation pour un apprentissage expérientiel

FIGURE 3



Captures de l'espace ville au cours du jeu

Expérimentation du modèle

Dans le cadre de ce modèle, l'expérience d'apprentissage commence par une brève présentation du scénario des activités en quatre étapes du cycle de Kolb et une description du jeu Enercities. Par la suite, les étudiants engagent, dans le cadre du jeu de simulation, une expérience individuelle, exploratoire et spontanée, qui est destinée à découvrir les potentialités du jeu.

À l'étape de l'expérience concrète, chaque étudiant, dans son rôle de concepteur et gestionnaire de la ville, va vivre soi-même une situation authentique dans laquelle se posent des problèmes réels de planification de la ville en relation avec la gestion des ressources énergétiques, ce qui permet de stimuler sa pensée pour prendre des décisions à la base de plusieurs sources d'informations et de perspectives.

À l'étape de l'observation réflexive, chaque étudiant va effectuer une interprétation à la base des scores réalisés et des obstacles surmontés tout en jouant le jeu (Chung & Baker, 2003). Un autre indicateur de jeu a été aussi considéré, c'est le temps nécessaire pour remplir une tâche spécifique (Reese & Tabachnick, 2010). L'observation réflexive consiste à faire des observations sur l'expérience vécue et à réfléchir sur leurs significations selon un processus de métacognition.

L'étape de la conceptualisation consiste à créer des concepts et à formuler des généralisations qui intègrent les diverses observations et réflexions. À cet effet, une évaluation formative a été réalisée à base d'une carte conceptuelle, élaborée par chaque étudiant, qui décrit les différents concepts retenus à partir de l'étape de l'observation réflexive et les relations mutuelles entre ces concepts liées à la gestion des ressources énergétiques de la ville à court, moyen et long termes (voir Annexe). Ces cartes conceptuelles nous renseignent, d'une manière visuelle et organisée, sur la perspective personnelle de jouer un jeu et sur le développement du schéma de pensée de chacun des apprenants. Les trois cartes indicatives se distinguent par: le degré d'arborescence (par exemple, voir la différence entre carte conceptuelle 2 et carte conceptuelle 3), et la pertinence des concepts du développement durable mobilisés, ainsi que leurs inter-relations.

L'étape de l'expérimentation active consiste à soumettre les concepts et les généralisations au test de la réalité. Pour cela, les étudiants ont été engagés dans une autre session

du jeu, mais cette fois pour atteindre des objectifs bien spécifiques dans un temps limité, à savoir : peupler la ville tout en respectant un équilibre entre le bien-être, l'environnement et l'économie.

À la fin de cette étape, une session de débriefing a permis, sur la base des enregistrements vidéo de la session du jeu, de réaliser des arrêts sur des situations où les concepts acquis à l'étape conceptualisation sont mis à l'épreuve pour prendre conscience des connaissances acquises en situation de jeu.

INTERPRÉTATION ET SYNTHÈSE

Le tableau 1 ci-dessous, recense les données sur les résultats des jeux entrepris par les étudiants à la suite de l'étape de l'expérimentation active. Il est divisé en deux colonnes majeures. La première, intitulée Indicateurs de performance, elle comprend: l'écoulement du temps dans le jeu (exprimé en jours), la population ou le peuplement de la cité, le score réalisé à la fin de la session du jeu et le niveau (level) du jeu atteint, quatre en tout. Ces indicateurs ont représenté les conditions de compétition entre les "étudiants-joueurs", car le temps était précompté, la population à faire habiter prédéterminée pour chaque niveau de jeu, le level suivant dépendait du précédent et le score enregistré renseignait sur la compétitivité du "joueur". À propos du score, les "joueurs" ne cessaient de s'informer "discrètement", au fur et à mesure que le jeu progresse, sur le score de leurs camarades. Par ailleurs, dès le départ, il était annoncé que le premier en classement recevra un prix (symbolique). La deuxième colonne, intitulée Indicateurs de la stratégie de jeu des joueurs, elle comprend : l'état de l'économie, en quelque sorte la richesse accumulée, l'environnement qu'il faut préserver, surtout de la pollution industrielle, et le bien-être de la population, qui favorise les décisions écologiques. À ce niveau, il est à remarquer que la stratégie de jeu adoptée par la quasi-totalité des joueurs était de corriger les conséquences "néfastes" des décisions prises auparavant. Donc, absence d'une pensée systémique, proactive (le niveau des scores réalisés s'en ressent). Au moment du débriefing, les étudiants répétaient laconiquement: « j'ai fait des erreurs, mais je me suis rattrapé après ».

TABLEAU 1

Données sur les indicateurs du jeu

Numéro de l'étudiant	Indicateurs de performance				Indicateurs de la stratégie de jeu		
	Temps (en jours)	Population	Score	Level	Économie	Environnement	Bien-être
1	40	136	224	4	18	30	22
2	23	71	186	3	17	34	19
3	39	75	166	3	22	2	22
4	36	196	157	4	21	6	25
5	28	56	126	3	41	3	1
6	32	22	103	2	33	14	7
7	36	29	93	2	8	20	14
8	32	9	45	2	2	2	14

Le côté socio-constructif de l'apprentissage rend ce dernier difficilement appréhendable, surtout quand l'affectif se mêle au cognitif dans un contexte biaisé par la technologie (Palincsar & al., 1991; Brousseau & Vázquez-Abad, 2003).

Dans notre cas, nous avons été confronté à ce genre de complexité, nous empêchant par la même d'exploiter au moindre détail la richesse de l'expérimentation menée. En dépit de cela, nous apportons les interprétations nécessaires aux données collectées. Ainsi, 62,5% des étudiants ont au moins atteint le niveau trois parmi les quatre prévus initialement, qui consistent chacun à peupler une cité en évolution par un nombre d'habitants tout en considérant leurs besoins en termes d'« Economie », d'« Environnement » et de « Bien-être ». Ce qui explique que la priorité a été donnée par ces étudiants au peuplement de la cité.

Quelle lecture peut-on faire des Indicateurs de la stratégie de jeu ? Globalement, nous pouvons dire qu'il y a un rapport conflictuel entre, d'un côté, l'« Economie » et de l'autre, l'« Environnement » et le « Bien-être ». Quand l'économie augmente forcément l'environnement et le bien-être baissent et inversement. C'est le cas, par exemple, de l'étudiant numéro 5 : premier en « Economie » et dernier en « Bien-être » et avant dernier en « Environnement ». Constat inverse pour les étudiants numéros 1 et 2.

À la lecture croisée entre le score réalisé et le niveau enregistré en « Economie », « Environnement » et « Bien-être », nous pouvons dire que la stratégie gagnante du jeu recommande un certain « équilibre » entre ces trois derniers indicateurs. Autrement dit, l'enseignement que peut retenir un étudiant, après avoir joué ce jeu, c'est qu'il est possible de se développer, économiquement parlant, tout en respectant l'environnement dans un cadre sociétal agréable.

Est-ce que les étudiants ont compris cela ou bien est-ce en jouant que l'on peut être sensible à cela ? À travers les cartes conceptuelles réalisées par chaque étudiant, les données retenues de l'expérimentation et les échanges au cours du débriefing, nous pouvons répondre par l'affirmatif. Oui, le jeu de simulation a permis aux étudiants de bénéficier d'un apprentissage momentané et circonscrit à propos de la problématique du DD, quelque soit leur niveau de classement dans le jeu.

CONCLUSION

Jouer à des jeux de simulation est une activité appropriée pour l'éducation au développement durable, et en particulier dans le contexte de l'apprentissage expérientiel. Quand on joue des jeux, on simule et on crée des réalités, avec certaines règles mutuellement acceptées, des rôles, des conditions et des hypothèses, où on aborde des situations de problèmes du développement durable d'une manière critique, holistique et selon diverses perspectives.

Le modèle proposé met en évidence d'une manière pratique, l'importance du jeu dans les quatre phases du cycle d'apprentissage expérientiel. C'est ainsi que le jeu a aidé les étudiants à comprendre et à appréhender les différents éléments qui interviennent dans le processus décisionnel face à une situation de création et de gestion d'une ville durable.

Les évaluations appliquées à chaque phase nous ont permis d'accompagner les apprentissages des étudiants, mais aussi de découvrir d'autres potentialités du jeu rendues visibles après son usage, telles que la bonne gouvernance et l'efficacité énergétique.

Néanmoins, une question demeure posée : est-ce que l'apprentissage a été profond ou superficiel, ou bien l'apprentissage acquis fera-t-il de l'étudiant un acteur, professionnellement

que socialement, actif en faveur de la cause environnementale ? Ce qui nous place dans le débat sur le degré d'intégration des serious games dans les systèmes éducatifs.

RÉFÉRENCES

- Alvarez, J. (2007). *Du jeu vidéo au serious game: approches culturelle, pragmatique et formelle*. Doctoral dissertation, Université Toulouse 2.
- Attwell, G. (2007). Personal learning environments-the future of eLearning? *eLearning papers*, 2(1), 1-8.
- Baranowski, T., Baranowski, J., Cullen, K. W., Marsh, T., Islam, N., Zakeri, I., & Demoor, C. (2003). Squire's Quest!: Dietary outcome evaluation of a multimedia game. *American Journal of Preventive Medicine*, 24(1), 52-61.
- Brousseau, N., & Vázquez-Abad, J. (2003). Analyse de la nature constructiviste d'une activité d'apprentissage collaboratif médié par les TIC. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 29(3). Retrieved from <http://www.cjlt.ca/index.php/cjlt/article/view/84/78>.
- Chin, J., Dukes, R., & Gamson, W. (2009). Assessment in simulation and gaming: *Simulation and Gaming*, 40(4), 553-568.
- Chung, G. K., & Baker, E. L. (2003). An exploratory study to examine the feasibility of measuring problem-solving processes using a click-through interface. *Journal of Technology, Learning and Assessment*, 2(2), 2-29.
- Dewey, J. (1938). *Logic: The Theory of Inquiry*, New York: Holt and Co.
- Dieleman, H., & Huisingsh, D. (2006). Games by which to learn and teach about sustainable development: exploring the relevance of games and experiential learning for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 14(9), 837-847.
- Dondlinger, M. J. (2007). Educational video game design: A review of the literature. *Journal of Applied Educational Technology*, 4(1), 21-31.
- Dummer, P., & Ifenthaler, D. (2005). Planning and assessing navigation in model-centered learning environments. Why learners often do not follow the path laid out for them. In G. Chiazzese, M. Allegra, A. Chifari & S. Ottaviano (Eds.), *Methods and technologies for learning* (pp. 327-334). Southampton, UK: WIT Press.
- Fabricatore C., & Ximena L. (2012), Sustainability Learning through Gaming: An Exploratory Study. *Electronic Journal of e-Learning* 10(2), 209-222.
- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. (2002), Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & Gaming*, 33(4); 441-467.
- Girault, Y., & Sauvé, L. (2008). L'éducation scientifique, l'éducation à l'environnement et l'éducation pour le développement durable. Croisements, enjeux et mouvance. *Aster*, 46, 7-30.
- Lange, J.-M. (2008). L'éducation au développement durable au regard des spécialités enseignantes. *Aster*, 123-154.
- Ifenthaler, D. (2009). Using a causal model for the design and development of a simulation game for teacher education. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 6(3), 193-212.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* (Vol. 1). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Lewin, K. (1939). Field Theory and experiment in social Psychology, *American Journal of Sociology*, 44, 868-896.
- Marcinkowski, T. (1990). A Contextual review of the "Quantitative Paradigms". In EE Research", symposium: Contesting paradigms in Environmental Education Research, *Annual*

Conference of the North American Association for Environmental Education, San Antonio, Texas, USA.

Palincsar, A. S., David, Y. M., Winn, J. A., & Stevens, D. D. (1991). Examining the context of strategy instruction. *Remedial and Special Education*, 12(3), 43-53.

Piaget, J. (1975). *L'équilibration des structures cognitives: problème central du développement* (Vol. 33). Paris: Presses Universitaires de France.

Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants part 1. *On the horizon*, 9(5), 1-6.

Reese, D. D., & Tabachnick, B. G. (2010). The moment of learning: Quantitative analysis of exemplar gameplay supports CyGaMEs approach to embedded assessment. *Paper presented at the Society for Research on Educational Effectiveness*, Washington, DC, USA.

Robertson A. (1994). Toward constructivist research in Environmental Education. *Journal of Environmental Education*, 25(2), 21-31.

Robottom I., & Hart P. (1993). *Research in Environmental Education: Engaging the Debate*. Geelong, Victoria: Deakin University Press.

Salen, K., & Zimmerman, E. (2004). *Rules of play: Game design fundamentals*. USA: MIT press.

Sauvé L. (2007). L'équivoque du développement durable. *Chemin de Traverse: Revue Transdisciplinaire en Éducation à l'Environnement*, 4, 31-47.

Sawyer, B., & Smith, P. (2008). Serious games taxonomy. In *Slides from the Serious Games Summit at the Game Developers Conference*. Retrieved from <http://www.dmill.com/presentations/serious-games-taxonomy-2008.pdf>,

Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1), 3-10.

Spector, J. M., & Koszalka, T. A. (2004). *The DEEP methodology for assessing learning in complex domains* (final report to the National Science Foundation Evaluative Research and Evaluation Capacity Building). Syracuse, NY: Syracuse University.

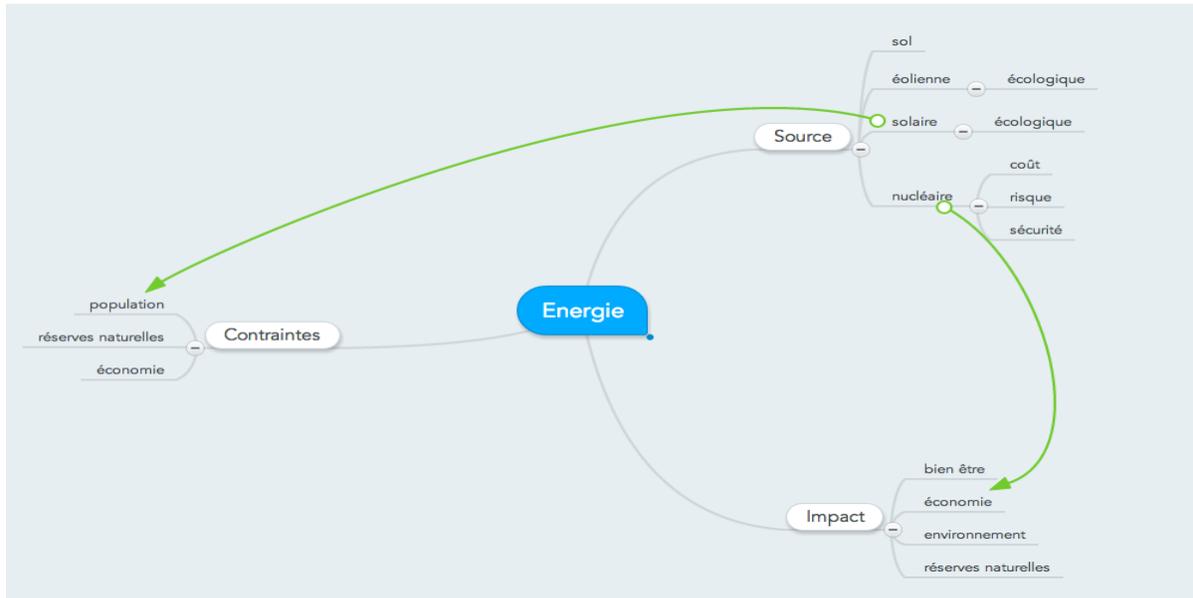
Tilbury, D. (2011). *Éducation pour le développement durable : Etude réalisée par des experts sur les processus et l'apprentissage*. Paris: UNESCO. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org>.

UNESCO (2013). *Bâtir l'éducation de demain: Rapport 2012 sur la Décennie de l'éducation au service du développement durable*. Paris: UNESCO.

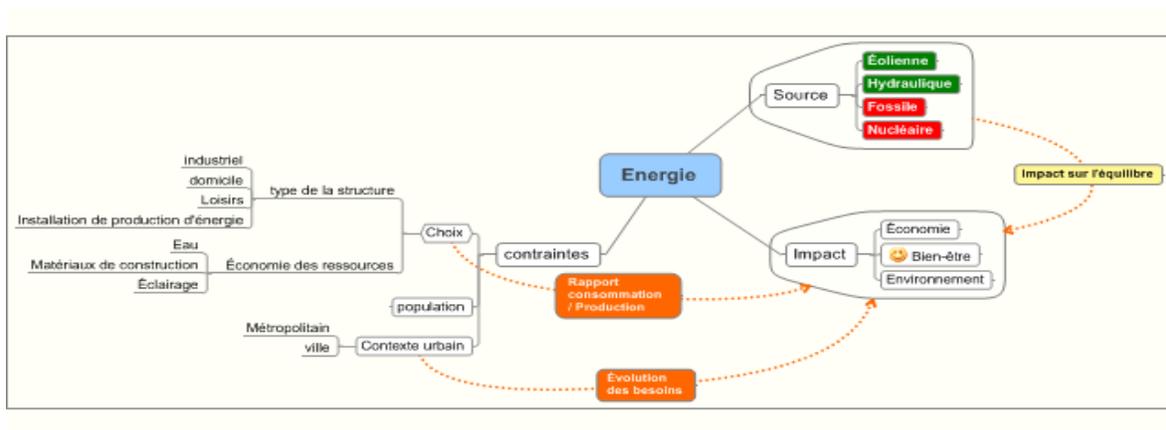
Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38(9), 25-32.

ANNEXE. Trois exemples de cartes conceptuelles produites par trois étudiants

Carte conceptuelle 1



Carte conceptuelle 2



Carte conceptuelle 3

