

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

IMPACT DES JEUX SÉRIEUX SUR LA COMPÉTENCE DE RÉOLUTION DE
PROBLÈMES ENVIRONNEMENTAUX ET SUR LA MOTIVATION DES ÉLÈVES DU
PRIMAIRE EN SCIENCE ET TECHNOLOGIE

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAITRISE EN ÉDUCATION

PAR
RANWA MANNEH

JANVIER 2024

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.04-2020). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Les deux dernières années passées à la maîtrise n'ont pas toujours été faciles. Plusieurs personnes m'ont apporté leur aide et m'ont soutenue pendant ce parcours : je tiens à les remercier de tout mon cœur.

Je remercie tout d'abord mon directeur de recherche M. Pascal Ndinga et mon codirecteur M. Patrice Potvin pour leurs soutiens lors de mon parcours de maîtrise. M. Ndinga, un grand merci pour vos encouragements et encadrement continus. Je tiens à remercier également M. Patrice Potvin pour sa disponibilité. Ses commentaires et critiques constructifs m'ont poussée à persévérer, aller de l'avant et creuser davantage dans l'analyse. Leurs conseils ont été essentiels et fructueux pour l'aboutissement de ce projet. Ainsi, travailler sous leur supervision m'a-t-il permis de vivre des expériences motivantes que je n'oublierai jamais. Ils m'ont incitée à avoir une meilleure perspective scientifique. M. Ndinga et M. Potvin, je vous en suis indéfiniment reconnaissante et redevable!

Je tiens à remercier également M. Raoul Kamga Kouamkam qui, grâce à l'emploi de monitrice dans le cours « Application des technologies d'information et de la communication en enseignement », m'a apporté plusieurs pistes de réflexion cohérentes quant à l'utilisation pertinente des jeux numériques dans le champ de l'éducation.

J'aimerais également remercier tous les membres de l'équipe EREST pour le support qu'ils m'ont accordé. Entourée d'un groupe de travail accueillant et chaleureux où règne l'esprit d'équipe et de coaching était bénéfique pour moi. De plus, je tiens à remercier l'UQAM, la Fondation de l'UQAM et l'ADEESE; les bourses obtenues dans le cadre de la maîtrise m'ont aidé à financer mes études.

Finalement, j'aimerais allouer un grand merci à mes parents et sœurs pour leur amour inconditionnel et pour avoir toujours cru en moi.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	vii
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	ix
RÉSUMÉ.....	x
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I.....	4
PROBLÉMATIQUE.....	4
1.1 Des problèmes environnementaux à l'échelle mondiale et des facteurs influant sur la motivation à agir en environnement.....	4
1.1.1 Des problèmes environnementaux.....	4
1.1.2 Facteurs influant sur la motivation à agir en environnement.....	5
1.2 L'éducation relative à l'environnement et les enjeux de son institutionnalisation.....	8
1.2.1 L'éducation relative à l'environnement.....	8
1.2.2 Les enjeux de l'institutionnalisation de l'ERE en milieu scolaire.....	9
1.3 La réforme du curriculum québécois.....	10
1.3.1 La réforme des programmes de science et technologie au Québec.....	11
1.4 Les défis de l'enseignement des sciences et technologie au primaire.....	13
1.4.1 Méthodes traditionnelles adoptées pour le développement de la compétence de résolution de problèmes.....	13
1.4.2 Diminution de la motivation des élèves à l'égard des ST au primaire.....	14
1.5 La contribution des jeux sérieux dans le développement de la compétence de résolution de problèmes et la motivation des élèves à l'égard des ST au primaire.....	15
1.5.1 Des approches actives pour l'enseignement des ST.....	15
1.5.2 Concept du jeu sérieux.....	16
1.5.3 Potentiel des jeux sérieux dans le développement de la compétence de résolution de problèmes et de la motivation.....	17
1.5.4 Contraintes à l'utilisation des jeux sérieux en sciences et technologie.....	18
1.6 Pertinences sociale et scientifique.....	18
1.6.1 Pertinence sociale.....	19
1.6.2 Pertinence scientifique.....	19
1.7 Formulation de la question de recherche.....	20
CHAPITRE II.....	21
CADRE DE RÉFÉRENCES THÉORIQUES.....	21
2.1 Le jeu sérieux.....	21
2.1.1 Le jeu, le jeu de simulation et le jeu sérieux : définitions et distinctions.....	21
2.1.2 Les attributs du jeu sérieux.....	24

2.1.3 Le jeu sérieux « Nowatera »	27
2.1.4 Portrait de recherche sur le jeu sérieux	28
2.1.4.1 Le jeu sérieux comme outil d'apprentissage et de développement de la compétence de résolution de problèmes	28
2.1.4.2 Le jeu sérieux comme outil de développement de la motivation des élèves	33
2.1.4.3 Le jeu sérieux comme outil de sensibilisation aux problématiques environnementales	35
2.2 La compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental.....	37
2.2.1 La compétence transversale	37
2.2.2 La compétence de résolution de problèmes selon Higgens	39
2.2.3 La compétence de résolution de problèmes selon le <i>Programme de Formation de l'École Québécoise</i> (PFEQ).....	41
2.2.3.1 Le sens général de la compétence	41
2.2.3.2 La compétence de résolution de problèmes en science et technologie	42
2.2.3.3 La compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental.....	43
2.3 La motivation en contexte scolaire	45
2.3.1 Distinction entre l'intérêt, l'attitude et la motivation.....	46
2.3.2 La motivation en contexte scolaire et la théorie de l'autodétermination	47
2.3.2.1 Définition de la motivation en contexte scolaire	47
2.3.2.2 La théorie de l'autodétermination	50
2.3.3 Facteurs influençant la motivation des élèves à apprendre les ST en classe	52
2.3.4 Portrait de recherche de la motivation des élèves envers la science	54
2.3.5 De possibles liens entre la compétence de résolution de problèmes et la motivation ...	56
2.4 Principales recherches dans le champ d'étude.....	57
2.4.1 Deux études portant sur l'effet des jeux sérieux sur la conscientisation environnementale	57
2.4.2 Deux études portant sur l'effet des jeux sérieux sur l'apprentissage ou la compétence de résolution de problèmes et la motivation des élèves à l'égard des ST	60
2.4.3 Synthèse	62
2.5 Hypothèses de recherche	64
CHAPITRE III	65
MÉTHODOLOGIE	65
3.1 Méthode de recherche.....	65
3.2 Participants	65
3.3 Modalité d'apprentissage.....	67
3.4 Instruments	69

3.4.1 Questionnaire sur la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental.....	69
3.4.2 Questionnaire sur la motivation	70
3.5 Déroulement de la collecte de données	71
3.6 Méthode d'analyse des résultats	73
3.7 Considérations éthiques	74
CHAPITRE IV	76
RÉSULTATS	76
4.1 Données sociodémographiques de l'échantillon d'élèves	76
4.2 Qualité métrique des questionnaires de résolution de problèmes en contexte environnemental et de motivation à l'égard des sciences et technologie	77
4.2.1 Analyse de la fidélité du questionnaire de résolution de problèmes en contexte environnemental.....	77
4.2.2 Analyse de la fidélité du questionnaire de motivation des élèves à l'égard des sciences et technologie	79
4.3 Résolution de problèmes en contexte environnemental	82
4.3.1 Test-T pour échantillons indépendants	82
4.3.2 Analyse de régression linéaire multiple.....	85
4.4 Motivation.....	88
4.4.1 Test-T pour échantillons indépendants	88
4.4.2 Analyse de régression multiple	90
CHAPITRE V	92
DISCUSSION	92
5.1 Discussion relative au premier volet de la question de recherche : « Quel est l'effet de l'utilisation du jeux sérieux Nowatera sur la compétence de résolution de problèmes environnementaux des élèves du primaire en science et technologie? »	92
5.2 Discussion relative au deuxième volet de la question de recherche : « Quel est l'effet de l'utilisation des jeux sérieux sur la motivation des élèves du primaire en science et technologie? »	95
5.3 Retour sur la littérature	99
5.3.1 Quel est l'effet de l'utilisation des jeux sérieux sur la compétence de résolution de problèmes environnementaux des élèves du primaire en science et technologie ?	99
5.3.2 Quel est l'effet de l'utilisation des jeux sérieux sur la motivation des élèves du primaire en science et technologie ?.....	102
5.4 Limites des choix effectués pour mener notre recherche	105
CONCLUSION	108
ANNEXE A.....	111
ANNEXE B.....	122
ANNEXE C.....	127
RÉFÉRENCES.....	137

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
Figure 2.1 <i>Flow (Csikszentmihalyi, 1991)</i>	30
Figure 2.2 <i>Processus de résolution de problèmes selon Pruneau et ses collègues (2007)</i>	44
Figure 2.3 <i>La dynamique motivationnelle de Viau (1994)</i>	48
Figure 2.4 <i>Modèle de la théorie d'autodétermination inspiré de la théorie de Deci et Ryan (1985)</i>	51
Figure 3.1 <i>Écran de score du jeu « Nowatera »</i>	69
Figure 3.2 <i>Diagramme de la procédure expérimentale</i>	73

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
Tableau 2.1 <i>Critères à prendre en compte lors du choix du jeu sérieux et son utilisation en classe (Sauvé et Babin, 2012)</i>	26
Tableau 2.2 <i>Composantes de la compétence transversale « Résoudre des problèmes » (Gouvernement du Québec, 2006, p.19)</i>	39
Tableau 2.3 <i>Étapes de résolution de problèmes selon le modèle de Higgins (1994)</i>	40
Tableau 2.4 <i>Aspects de la compétence de résolution de problèmes en science et technologie (Gouvernement du Québec, 2006)</i>	42
Tableau 2.5 <i>Besoins psychologiques fondamentaux à la motivation de l'individu selon Viau (1994)</i>	50
Tableau 3.1 <i>Similitudes et différences entre le groupe expérimental et témoin pour les trois écoles sélectionnées</i>	66
Tableau 3.2 <i>Nombre de participant.e.s dans le groupe expérimental et contrôle, dans chaque école sélectionnée</i>	73
Tableau 4.1 <i>Données caractérisant l'échantillon d'élèves (N=130)</i>	77
Tableau 4.2 <i>Indice de fidélité pour les quatre items du questionnaire de résolution de problèmes pré/post</i>	78
Tableau 4.3 <i>Statistique de total des items de résolution de problèmes (prétest)</i>	78
Tableau 4.4 <i>Statistique de total des items de résolution de problèmes (post-test)</i>	78
Tableau 4.5 <i>Statistiques descriptives des élèves pour le questionnaire de résolution de problèmes en contexte environnemental (prétest)</i>	79

Tableau 4.6 <i>Statistiques descriptives pour les items du questionnaire de résolution de problèmes (post-test)</i>	79
Tableau 4.7 <i>Indice de fidélité pour les dix items du questionnaire de motivation (pré/post)</i>	80
Tableau 4.8 <i>Statistique de total des items de motivation (prétest)</i>	80
Tableau 4.9 <i>Statistique de total des items de motivation (post-test)</i>	80
Tableau 4.10 <i>Statistiques descriptives obtenues à partir du questionnaire de motivation des élèves (prétest)</i>	81
Tableau 4.11 <i>Statistiques descriptives obtenues à partir du questionnaire de motivation des élèves (post-test)</i>	81
Tableau 4.12 <i>Résultats Test-T pour les gains en résolution de problèmes en contexte environnemental entre le groupe expérimental et contrôle pour chaque école sélectionnée</i>	83
Tableau 4.13 <i>Résultats Test-T pour les gains en résolution de problèmes selon le genre</i>	84
Tableau 4.14 <i>Résultats du Test-T pour les gains en résolution de problèmes en contexte environnemental pour tous les participant.es</i>	85
Tableau 4.15 <i>Corrélations entre la variable dépendante Moyenne QRPpost et les variables indépendantes (N = 125)</i>	86
Tableau 4.16 <i>Analyse de régression linéaire multiple entre la variable dépendante Moyenne RPpost et les variables indépendantes</i>	87
Tableau 4.17 <i>Résultats Test-T pour les gains en motivation</i>	89
Tableau 4.18 <i>Corrélation entre la variable dépendante MoyenneQMpost et les variables indépendantes (N = 120)</i>	90
Tableau 4.19 <i>Résultats de l'analyse de régression multiple entre la variable dépendante Moyenne QMpost et les variables indépendantes</i>	91

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ÉMÉ	Échelle de motivation en éducation
ERE	Éducation relative à l'environnement
JSÉ	Jeux sérieux éducatifs
MELS	Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Économiques
PDA	Progression des apprentissages
PFÉQ	Programme de formation de l'école québécoise
SAÉ	Situation d'apprentissage et d'évaluation
SMQII	Science motivation questionnaire II
ST	Sciences et technologie
Test-T	Test de Student
TIC	Technologies de l'information et de la communication

RÉSUMÉ

Au cours des dernières années, plusieurs problèmes telles que la perte de la biodiversité menacent l'environnement. Une sensibilisation des élèves aux enjeux environnementaux peut se faire grâce à l'éducation relative à l'environnement (ERE). Cependant, les initiatives en ERE se sont peu développées en milieu scolaire. Les méthodes traditionnelles adoptées par les enseignant.e.s de sciences au primaire ont notamment eu pour effet d'entraîner chez les élèves une baisse de motivation à l'égard de cette matière. La présente recherche de nature quantitative tente d'étudier l'effet de l'utilisation des jeux sérieux sur la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental et la motivation des élèves du primaire en sciences et technologie (ST). Une méthode quasi-expérimentale menée avec un échantillon de 130 élèves francophones de cinquième et sixième année du primaire a permis d'apporter plusieurs éléments de réponses. Un groupe expérimental a manipulé le jeu numérique « Nowatera » portant sur la préservation de la biodiversité. Alors que le groupe contrôle a pu réaliser une activité d'apprentissage avec les mêmes objectifs et contenu que le jeu. Afin de répondre le plus justement à l'objectif de l'étude, deux questionnaires pré/post ont été utilisés, soit un premier pour évaluer la compétence de résolution de problèmes environnementaux et un autre pour mesurer la motivation des élèves à l'égard des ST. Les résultats du Test-T ne montrent pas de différences significatives au niveau de la performance en résolution de problèmes et la motivation des élèves, à la suite de la manipulation du jeu sérieux ($p > 0,05$). Le temps d'intervention assez court et le recours assez rare des enseignant.e.s à la démarche d'investigation scientifique pourraient expliquer l'absence de résultats significatifs. De futures recherches pourraient tenter de combiner l'utilisation des jeux sérieux avec d'autres activités pédagogiques afin d'améliorer le rendement des élèves et accroître leur motivation.

Mots-clés : Jeux sérieux, Résolution de problèmes, Motivation, Sciences et technologie, Primaire

INTRODUCTION

Depuis les années soixante, plusieurs phénomènes ont mis à rude épreuve l'environnement tels les changements climatiques, l'utilisation d'énergies fossiles, l'augmentation de la production de déchets et la perte de la biodiversité (Fien, 1995). L'humain serait à l'origine de la détérioration de l'environnement. Une prise de conscience de l'ampleur et de la sévérité des différents problèmes environnementaux s'avère alors nécessaire et peut se faire grâce à l'éducation relative à l'environnement (ERE). Cependant, la plupart des initiatives en ERE se sont manifestées en milieu informel et non pas en milieu scolaire (Naoufal, 2014; Papadimitriou, 2001; Sauvé *et al.*, 2003).

Bien que le nouveau programme soit fondé sur le développement de compétences et de la culture scientifique, l'enseignement des sciences et technologies (ST) au primaire se trouve dans un état précaire (Conseil supérieur de l'éducation, 2013). En effet, la plupart des enseignant.e.s de sciences adoptent des méthodes traditionnelles dans leurs cours telles l'utilisation de cahiers d'exercices, la lecture de documents scientifiques et la démonstration. En fait, une recherche réalisée par Potvin et Hasni (2014) met en évidence la diminution de l'intérêt et de la motivation des élèves à l'égard des ST, du 3^e cycle du primaire jusqu'à la fin du secondaire.

Des méthodes d'enseignement innovantes, actives et centrées sur l'élève comme l'apprentissage par projet et la démarche d'investigation présentent le potentiel d'améliorer l'apprentissage, de développer la compétence de résolution de problèmes et stimuler la motivation des élèves à l'égard des ST (National Research Council, 2011, p.22). Néanmoins, enseignant.e.s et élèves perçoivent la démarche d'investigation comme une tâche difficile et complexe laquelle est, par conséquent, rarement implémentée dans les classes de sciences (National Research Council, 2011, p.22).

L'utilisation d'outils numériques tels que les jeux sérieux, « produits vidéoludiques à visée éducative » (Berry, 2011) ont le potentiel de stimuler l'intérêt des jeunes (Bain et Newton, 2003). Désormais, l'apprentissage des élèves de la nouvelle *génération numérique* s'appuie sur l'exploration et la découverte; les apprenants jouent d'abord, assimilent ensuite puis synthétisent afin d'appliquer leurs acquis dans de nouvelles situations (Shaffer, Squire, Halverson et Gee, 2004,

cités dans Bain et Newton, 2003; Prensky, 2006). Les jeux sérieux favorisent ainsi le potentiel d'apprentissage ainsi que la motivation à apprendre auprès de cette *génération* (Bain et Newton, 2003; Prensky, 2006). Une analyse des écrits, réalisée par Louise Sauvé et ses collègues (2007), sur les effets des jeux sérieux sur l'apprentissage, a démontré l'impact positif des jeux sérieux sur les habiletés de résolution de problèmes, d'intégration et de structuration de connaissances, de communication et de relations humaines ainsi que sur la motivation des élèves.

Toutefois, malgré le potentiel et la popularité des jeux sérieux, peu d'écrits existent dans la littérature scientifique sur les effets des jeux sérieux en ST (National Research Council, 2011, p.22), spécifiquement au niveau de la résolution de problèmes environnementaux et de la motivation des élèves au primaire, d'où la pertinence de se pencher sur cet aspect de l'étude.

L'objectif de cette recherche est d'étudier l'impact du jeu numérique « Nowatera », dont la thématique se centre sur la préservation de la biodiversité, sur, d'une part, la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental et, d'autre part, la motivation des élèves de niveau cinquième et sixième année du primaire à l'égard des ST. Ce projet de recherche est subdivisé en six parties.

Le premier chapitre précise la problématique de la recherche. Il traite d'abord les problèmes menaçant l'environnement et présente aussi l'éducation relative à l'environnement et les enjeux de son institutionnalisation en milieu scolaire. Il relate ensuite les défis de l'enseignement des ST au Québec et les méthodes innovantes et actives comme les jeux sérieux, qui pourraient contribuer à améliorer la compétence de résolution de problèmes et la motivation des élèves à l'égard des ST. Ce chapitre se conclut par une synthèse de la pertinence scientifique et sociale de l'étude et une formulation de la question de recherche.

Le second chapitre définit les concepts-clés des jeux sérieux, de la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental et de la motivation en contexte scolaire. De plus, les principales recherches réalisées dans le champ d'étude y sont explicitées. Cette partie s'achève par la formulation de deux hypothèses de recherche.

Le troisième chapitre décrit la méthode de recherche adoptée et l'échantillon retenu dans la présente étude. L'outil numérique adopté et les instruments utilisés pour la collecte des données y sont présentés. Ensuite, le déroulement de la collecte des données et la méthode d'analyse des données y sont précisés. Ce chapitre se termine par une discussion autour des considérations éthiques liées à l'étude.

Le quatrième chapitre présente les résultats liés à l'analyse quantitative des données. D'abord, un portrait global de l'échantillon d'élèves est élaboré. Ensuite, la qualité métrique des outils utilisés pour cette recherche est mesurée par le calcul du coefficient Alpha de Cronbach. Les résultats des Tests-T pour échantillons indépendants nous permettent de comparer les gains de résolution de problèmes en contexte environnemental et de motivation entre le groupe expérimental et témoin. Finalement, des analyses de régression linéaire multiple sont réalisées afin d'identifier de possibles liens entre la variable dépendante et les variables indépendantes de l'étude.

Le cinquième chapitre est consacré à la discussion et l'interprétation des résultats obtenus, respectivement. Finalement, la conclusion permet de synthétiser le projet et d'exposer certaines limites de l'étude ainsi que des pistes pour d'éventuelles futures recherches.

CHAPITRE I

PROBLÉMATIQUE

Ce premier chapitre traite d'abord des problèmes environnementaux qui se posent avec acuité à l'échelle mondiale et des facteurs ayant une influence sur la motivation à agir en environnement. Ensuite, il aborde l'importance de conscientiser les élèves à l'égard des enjeux écologiques grâce à l'éducation relative à l'environnement ainsi que les défis de son institutionnalisation en milieu scolaire. La section suivante évoque les méthodes traditionnelles adoptées par les enseignant.e.s de sciences et technologie et ceci, malgré le Renouveau pédagogique. À la suite du constat de la diminution de motivation des élèves à l'égard des sciences et technologie, ce chapitre décrit le potentiel des jeux sérieux dans le développement de la compétence de résolution de problèmes et la motivation des élèves. De plus, il met en évidence le manque d'écrits dans la littérature scientifique sur les effets des jeux sérieux, particulièrement en science et technologie. Le chapitre se conclut par une synthèse de la pertinence scientifique et sociale du projet et une énonciation de la question de recherche.

1.1 Des problèmes environnementaux à l'échelle mondiale et des facteurs influant sur la motivation à agir en environnement

Cette première section présente d'abord les enjeux environnementaux à l'heure actuelle. Ensuite, sont évoqués les éléments ayant un impact sur la motivation de l'individu à agir en environnement.

1.1.1 Des problèmes environnementaux

Au cours des dernières années, plusieurs problèmes menacent l'environnement à l'échelle mondiale. L'humain est la cause principale de la dégradation de l'environnement. En effet, les activités humaines telles que l'extraction de ressources, la production de biens, le transport, l'agriculture et l'élevage, l'urbanisation et la consommation d'énergie conduisent à une éventuelle pénurie de ressources, à la pollution, aux changements climatiques, à l'augmentation de la production de déchets et à la perte de la biodiversité (Ergin 2019; Lefèvre, 2013).

La notion de « biodiversité » ou de « diversité biologique » a été introduite en 1992 au cours de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement. Elle est définie dans la convention sur la diversité biologique, mise en place au cours du Sommet de la Terre de Rio en 1992, comme étant la « variabilité des organismes vivants de toute origine, y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces, et entre les espèces et ainsi que celle des écosystèmes » (Nations Unies, 1992). La préservation de la biodiversité est essentielle pour assurer la survie de toutes les espèces (IPBES, 2018). Elle est cruciale pour l'humain puisqu'elle lui fournit l'oxygène, la nourriture, les médicaments et les matières premières (Conseil canadien des ministres de l'environnement, 1995).

38 à 46 % des espèces animales et végétales sont en danger de disparaître partout sur la planète d'ici 2050 et ce, selon une étude mondiale réalisée par une plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les systèmes écosystémiques et publiée en mars 2018 (IPBES, 2018). À titre d'exemple, les abeilles, principaux insectes pollinisateurs des plantes à fleurs, sont en péril en raison des pratiques agricoles intensives, de la monoculture et de l'utilisation excessive des pesticides. La disparition d'une espèce pourrait entraîner le déséquilibre de l'écosystème en entier, d'où l'importance de préserver la biodiversité.

En somme, de nombreux problèmes environnementaux comme la perte de la biodiversité persistent à l'échelle mondiale. Les écrits dans la littérature scientifique affirment la présence de nombreux facteurs susceptibles de motiver l'individu à agir en environnement. Ces différents facteurs seront évoqués dans la sous-section suivante.

1.1.2 Facteurs influant sur la motivation à agir en environnement

L'action environnementale est définie par Emmons (1997) comme un processus plutôt volontaire et intentionnel au sein duquel un individu ou un groupe de personnes s'engagent à prendre des décisions, planifier, exécuter et mener une réflexion dans le but d'accomplir un objectif environnemental précis.

Léger et Pruneau (2015) ont pu regrouper dans leur étude différents facteurs qui pourraient influencer l'action environnementale des individus. Ces chercheurs les ont regroupés en trois catégories : les facteurs *cognitifs*, *affectifs* et *situationnels*.

Facteurs cognitifs

Les facteurs cognitifs sont liés au degré de : a) sensibilisation d'un individu à l'environnement, b) connaissances et de concepts environnementaux, c) familiarisation avec les stratégies d'action face à un enjeu environnemental, d) compétences mobilisées afin de mettre en pratique le plan d'action (Hungerford et Volk, 1990, cités dans Léger et Pruneau, 2015).

Facteurs affectifs

Les facteurs affectifs désignent les attitudes ou émotions reliées aux problèmes environnementaux telles l'intention d'agir en matière d'environnement, l'impression que la tâche est facile et le sentiment de responsabilité envers l'environnement. D'autres facteurs affectifs peuvent contribuer à augmenter la motivation à agir en environnement comme les *valeurs altruistes*, le *sentiment d'empathie*, les *implications régulières d'une personne à réaliser des actions environnementales*, le *centre de contrôle interne* (c'est-à-dire la croyance de l'individu de pouvoir améliorer une situation environnementale grâce à ses actions) et les *normes sociales*.

Facteurs situationnels

Dans l'article de Léger et Pruneau (2015), les chercheurs Chawla et Cushings (2007) identifient plusieurs facteurs situationnels comme le genre, la situation socio-économique vécue et les attitudes des individus envers l'environnement. Selon ces auteurs, le désir d'agir en environnement est stimulé par les expériences vécues en nature au cours de l'enfance et la jeunesse. Il s'avère primordial pour les enfants de passer du temps en nature (Chawla, 2020). En effet, l'accent mis sur les comportements environnementaux à adopter influence l'avenir des apprenants (Beery *et al.*, 2020). Des expériences comme l'empathie et la curiosité envers la nature sont susceptibles d'enrichir la vie des élèves et de les inciter à poursuivre leur exploration de la nature tout au long de leur vie. La réussite d'actions écologiques préalables est considérée également comme un

facteur déterminant pour l'action environnementale (Hungerford et Volk, 1990, cités dans Léger et Pruneau, 2015).

Une deuxième étude effectuée par Pruneau et ses collègues (2002) avait pour but de déterminer les facteurs socioculturels et pédagogiques qui pourraient motiver les individus à agir en environnement. Cette étude a été menée auprès de quatre groupes sociaux d'une communauté côtière : un groupe d'élèves de quatrième année et un autre de septième année, un groupe de Chevaliers de Colomb et une autre équipe constituée de pêcheurs. Les participants ont réalisé différentes activités d'éducation relative à l'environnement (ERE) menant à diverses actions de restauration de l'environnement. Grâce à l'approche du récit de vie et des entrevues semi-structurées, les résultats ont révélé que les principaux facteurs de motivation à agir en environnement se résument à : la connaissance concrète et visuelle du problème environnemental, aux informations reçues, à la croyance d'être capable d'effectuer la tâche, au sentiment de solidarité social et à l'attente de récompenses personnelles à la suite de l'action envisagée.

Morin (2021) a publié une thèse intitulée « L'étude du sentiment de pouvoir agir de jeunes du Québec face aux changements climatiques : dimensions et conditions favorables à son développement à l'école secondaire ». Le principal objectif de cette étude était de conceptualiser le *sentiment du pouvoir agir* éprouvé par des étudiants québécois face au problème des changements climatiques. Cette recherche visait également à faire ressortir les conditions nécessaires pour développer ce *sentiment du pouvoir agir* chez les élèves de niveau secondaire. Aux fins de cette étude, des entretiens de groupe auprès de 29 étudiants, provenant de cinq écoles secondaires situées au Québec, ont été effectués. Les entrevues se concentraient sur le *sentiment de pouvoir agir* ressenti par les élèves face aux changements climatiques. Les résultats ont révélé le besoin des jeunes de se sentir plus libres et entendus afin de pouvoir agir face aux changements climatiques.

Des éléments comme l'empathie, l'espoir et la solidarité pourraient également contribuer à un plus grand *sentiment de pouvoir agir*. Afin de développer ce sentiment chez l'élève, l'école devrait l'aider à se sentir libre, efficace et égal aux autres. Dans ce contexte, elle devrait lui assurer les ressources dont il a besoin afin qu'il puisse développer ses capacités et sa créativité. Un cours d'éducation à l'environnement est suggéré par les élèves afin de favoriser leur sentiment de pouvoir

agir. La recherche menée par Morin (2021) pointe également le besoin des enseignants de plus de liberté, matériel, ressources et formations appropriées en éducation à l'environnement.

En somme, les différentes recherches évoquées dans cette sous-section ont démontré l'existence de nombreux facteurs cognitifs, affectifs, situationnels et pédagogiques pouvant influencer sur la motivation des élèves à agir en environnement. L'étude de Morin (2011) particulièrement s'est focalisée sur les conditions susceptibles de développer chez les élèves le sentiment de *pouvoir agir* face aux problèmes environnementaux tels que celui des changements climatiques. Les entrevues réalisées auprès des élèves ont démontré la possibilité de favoriser ce sentiment de *pouvoir agir* grâce au concept d'éducation relative à l'environnement. Celui-ci sera explicité en détail dans la section suivante.

1.2 L'éducation relative à l'environnement et les enjeux de son institutionnalisation

Cette deuxième section met en lumière la possibilité de conscientiser les élèves aux problèmes environnementaux grâce à l'éducation relative à l'environnement (ERE). Les défis de l'intégration de l'ERE dans les écoles seront par la suite explicités.

1.2.1 L'éducation relative à l'environnement

Afin de résoudre les problèmes écologiques, une variété de sommets, congrès et colloques internationaux ont été organisés depuis le début des années 1970 en présence de chefs d'États, de groupes environnementaux et d'organismes non gouvernementaux (Demaze, 2009). À la suite de ces rencontres, de nombreux engagements et plans d'action orientés vers l'action environnementale ont été émis de la part des décideurs politiques et sociaux, à travers des rapports comme celui de la commission Brundtland (1987), des déclarations comme celle de Stockholm (1972), de Rio (1992) ou de Johannesburg sur le développement durable (2002) ou d'un programme de développement durable élaboré lors du Sommet des Nations Unies sur le développement durable (2015).

Une prise de conscience de l'ampleur et de la sévérité des différents problèmes environnementaux apparaît alors nécessaire et ce, à la fois en milieux informels et formels. Cette prise de conscience peut se faire grâce, entre autres, à l'éducation relative à l'environnement.

Or, la majorité des initiatives en ERE émanent des associations d'éducation, médias et mouvements écologistes. L'intégration de l'ERE s'est surtout réalisée en milieu informel, dans des centres éducatifs en pleine nature ou dans des musées à travers des activités environnementales ou scientifiques (ex : identification d'espèces, éveil sensoriel, etc.). L'introduction de l'ERE, notamment dans les programmes de science et technologie pourrait, selon Charland et ses collègues (2010), contribuer au mieux *Vivre ensemble sur Terre*. Ces auteurs évoquent que l'insertion de l'ERE en enseignement des sciences et technologies (ST) pourrait viser à enrichir le sens de la vie des élèves, favoriser leur engagement social et citoyen et les faire participer aux décisions publiques au sein de la société à laquelle ils appartiennent.

Pour conclure, une conscientisation des élèves aux problèmes environnementaux est possible grâce à l'éducation relative à l'environnement. Toutefois, l'intégration de l'ERE s'est surtout effectuée en milieu informel. La prochaine sous-section présentera les défis de l'intégration de l'ERE dans les écoles.

1.2.2 Les enjeux de l'institutionnalisation de l'ERE en milieu scolaire

L'éducation relative à l'environnement (ERE) s'est peu institutionnalisée en milieu scolaire (Sauvé, Berryman et Brunelle, 2003); elle s'est peu intégrée dans les curriculums scolaires sous forme d'objets d'apprentissage ou de programmes spécifiques. Les programmes découpés en champs disciplinaires ne favorisent pas la mise en place de projets d'apprentissage interdisciplinaire (Centre ERE, 2018). Au primaire et secondaire, le domaine général de formation « Environnement et Consommation » n'est pas adéquatement intégré dans le *Programme de formation de l'école québécoise* (PFEQ). De plus, les enseignant.e.s manquent de temps, d'accompagnement et de formation adéquate à l'éducation relative à l'environnement dans une perspective inter- et transdisciplinaire (Centre ERE, 2018). En effet, les résultats d'un sondage réalisé auprès de 1580 élèves et étudiants canadiens indiquent que 70,3 % des élèves du primaire, 59,6 % du secondaire et 70 % des étudiants du collégial croient que les enjeux environnementaux ne sont pas assez abordés dans les écoles (Maltais et Turcotte, 2023). De plus, environ 70,1 % des élèves du primaire, 72,7 % du secondaire et 96,8 % du collégial affirment se sentir anxieux et impuissants face aux problématiques environnementales (Maltais et Turcotte, 2023). Ainsi, il s'avère nécessaire d'outiller davantage les étudiants et de leur apporter plus d'informations sur ce

sujet. Papadimitriou (2001) souligne la problématique de l'arrimage de l'ERE avec les différentes disciplines scolaires. L'intégration de l'éducation relative à l'environnement, particulièrement dans l'enseignement des ST, présente certains défis et limites, comme les champs d'interface entre l'enseignement des sciences, l'enseignement de la technologie et l'éducation relative à l'environnement (Charland, 2007), la surcharge, déjà problématique, des programmes et le manque de matériel pédagogique et de formation des enseignants aux enjeux environnementaux (Sauvé, 1997). De nouvelles initiatives en matière d'éducation relative à l'environnement sont alors nécessaires en milieu scolaire.

En conclusion, l'éducation relative à l'environnement s'est peu institutionnalisée en milieu scolaire, notamment au niveau de l'enseignement des sciences et technologies. Les résultats d'un sondage en ligne réalisé auprès d'élèves du primaire et d'étudiants du secondaire et du collégial démontrent la nécessité de les informer davantage sur les problèmes environnementaux et de leur fournir plus d'outils et de ressources à cet égard. La prochaine section présentera la nouvelle réforme du curriculum québécois et les enjeux de l'enseignement des sciences et technologies au primaire.

1.3 La réforme du curriculum québécois

Cette troisième section expose, en premier lieu, la dernière réforme du curriculum québécois. En deuxième lieu, les nouveaux programmes de science et technologie au primaire y sont explicités.

La dernière réforme du curriculum de l'école québécoise, appelée également « *Renouveau pédagogique* » a été mise en place, à partir de l'an 2000, à travers le *Programme de formation de l'école québécoise* (PFEQ) au niveau du primaire et dans presque tout le secondaire (Gouvernement du Québec, 2004, 2006; Potvin et Dionne, 2007).

Le PFEQ est principalement axé sur le développement de compétences faisant appel à des connaissances issues de différentes sources mais ne répondant pas nécessairement à une logique disciplinaire (Gouvernement du Québec, 2006, p. 5). L'apprentissage y est défini comme un processus actif et continu de construction des savoirs où l'apprenant est confronté à différentes situations nécessitant une remise en question continue de ses connaissances et représentations personnelles. Cette nouvelle approche pédagogique par compétences favorise le décroisement

disciplinaire où l'élève est amené à établir des liens entre les différentes disciplines enseignées (Gouvernement du Québec, 2006, p.5).

Le PFEQ est constitué de :

- Compétences transversales d'ordre intellectuel, méthodologique, personnel et social ainsi que d'ordre de la communication. Ces compétences sont dites transversales puisqu'elles se déploient à travers les différents domaines d'apprentissage.
- Cinq domaines d'apprentissage à savoir, les langues, les mathématiques, la science et la technologie, l'univers social, les arts et le développement personnel.
- Cinq domaines généraux de formation à savoir, « Santé et bien-être », « Orientation et entrepreneuriat », « Vivre ensemble et citoyenneté », « Médias » et « Environnement et consommation ». Quant au domaine général de formation « Environnement et consommation », il vise à conscientiser particulièrement les élèves « aux effets à long terme de l'utilisation incontrôlée ou de l'exploitation abusive des ressources naturelles » (Gouvernement du Québec, 2003, p.25). Le jeune apprenant y est invité à comprendre certaines caractéristiques et phénomènes de son milieu, reconnaître les relations d'interdépendance entre l'environnement et l'activité humaine et évaluer ainsi les conséquences des actions humaines sur son milieu local ou régional (Gouvernement du Québec, 2006, p. 46).

En somme, une réforme de l'ensemble des programmes d'étude a été mise en place grâce au *Programme de formation de l'école québécoise* (PFEQ) (Gouvernement du Québec, 2006). Celui-ci est axé sur le développement de compétences, le décloisonnement disciplinaire, les compétences transversales, les domaines d'apprentissage et domaines généraux de formation. La sous-section suivante présentera en détail le nouveau programme de science et technologie au primaire circonscrit dans le PFEQ.

1.3.1 La réforme des programmes de science et technologie au Québec

Face à la réforme du curriculum québécois, le nouveau programme de science et technologie (ST) au primaire sollicite l'élève à mobiliser différentes démarches de raisonnement tels

le questionnement, l'observation, la vérification expérimentale et la fabrication de modèles (Gouvernement du Québec, 2006, p. 144). De la sorte, le jeune apprenant est amené à faire preuve de créativité, de rigueur et à développer son esprit critique. Plus particulièrement, le programme de ST a pour objectif de favoriser la culture scientifique et technologique de l'élève et privilégier les « contextes d'apprentissage qui mettent l'élève en situation de recourir à la science et à la technologie » (Gouvernement du Québec, 2006, p. 144).

Depuis le Renouveau pédagogique, le programme de science et technologie au premier cycle du primaire ne fait plus partie des disciplines obligatoires à enseigner. Afin de s'initier à l'activité scientifique et technologique, l'élève de premier cycle est amené à développer la compétence « Explorer le monde de la science et de la technologie » (Gouvernement du Québec, 2006, p. 144).

En outre, les programmes de sciences et technologie des 2^e et 3^e cycles du primaire ont intégré les trois compétences ci-après à développer, en se basant sur des repères culturels reliant les apprentissages à différents secteurs de l'activité humaine (Gouvernement du Québec, 2006, p. 145) :

- 1- proposer des explications ou solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique;
- 2- mettre à profit les outils, objets et procédés de la science et de la technologie; et
- 3- communiquer à l'aide des langages utilisés par la science et la technologie.

La première compétence, en particulier, s'avère d'une importance cruciale puisqu'elle permet à l'élève de se questionner, s'approprier différentes stratégies d'exploration, recueillir des données et les analyser afin de proposer des explications ou solutions adéquates à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique (Gouvernement du Québec, 2006, p.150).

Au deuxième cycle, le jeune apprenant explore des problématiques simples associées à son environnement proche; les observations et manipulations recueillies l'incitent à découvrir, formuler des explications et rechercher des pistes de solutions pertinentes. Au troisième cycle, l'élève aborde

des problèmes plus larges, faisant appel à des stratégies plus complexes et connaissances plus poussées pour résoudre les problématiques suggérées.

Lorsque le jeune apprenant propose des explications ou solutions à des problèmes scientifiques, il mobilise différentes compétences transversales, notamment le développement de sa pensée créatrice, la résolution de problèmes, le jugement critique et le développement de méthodes de travail efficaces (Gouvernement du Québec, 2006, p. 150).

En somme, les nouveaux programmes de science et technologie, notamment au deuxième et troisième cycle, visent à développer la culture scientifique et technologique de l'élève. Ils pivotent autour de trois compétences complémentaires d'ordre scientifique et technologique. La première compétence est spécifiquement reliée à l'appropriation des modes de raisonnement permettant de résoudre des problématiques d'ordre scientifique et technologique (Gouvernement du Québec, 2006). Malgré le Renouveau pédagogique, l'enseignement des sciences au primaire demeure dans un état précaire (Conseil supérieur de l'éducation, 2013). La section suivante exposera les principaux enjeux de l'enseignement des sciences et technologie.

1.4 Les défis de l'enseignement des sciences et technologie au primaire

Cette quatrième section présente les enjeux de l'enseignement des ST au primaire et la diminution de la motivation des élèves à l'égard de cette matière par conséquent.

1.4.1 Méthodes traditionnelles adoptées pour le développement de la compétence de résolution de problèmes

Malgré un nouveau programme fondé sur le développement de la compétence de résolution de problèmes et de la culture scientifique, l'enseignement des ST au primaire se trouve dans un état précaire (Conseil supérieur de l'éducation, 2013). En effet, les enseignant.e.s, notamment du primaire, affirment avoir de la difficulté à s'approprier le contenu du programme proposé en ST. De plus, ils et elles estiment manquer de temps, de ressources innovantes et de formation adéquate pour bien développer les différentes compétences proposées dans le PFEQ. Un sondage en ligne réalisé auprès de 500 enseignant.e.s et mené par Chastenay (2018) a révélé que 68 % d'entre eux enseignent les sciences une heure par semaine alors que 7 % n'abordent jamais cette

matière en classe. Bien que les jeunes apprenants entrent à l'école avec une curiosité innée et des idées intuitives à propos du monde qui les entoure, les cours de sciences exploitent rarement ce potentiel (National Research Council, 2011). En outre, des méthodes traditionnelles sont adoptées par la plupart des enseignants de ST telles l'utilisation de cahiers d'exercices, la lecture de documents scientifiques et la démonstration. Les élèves du primaire et secondaire passent la plupart de leur temps à mémoriser des connaissances scientifiques au lieu de développer une compréhension conceptuelle approfondie. Selon le Conseil Supérieur de l'Éducation (2013), rares sont les enseignants du primaire qui privilégient la démarche scientifique.

En conclusion, les sciences au primaire demeurent une discipline au statut précaire en raison des méthodes traditionnelles adoptées par les enseignant.e.s et le manque de temps dédié à l'enseignement de cette matière. La sous-section suivante présentera alors les répercussions négatives de l'enseignement traditionnel des sciences et technologie sur la motivation des élèves du primaire.

1.4.2 Diminution de la motivation des élèves à l'égard des ST au primaire

Une recherche réalisée par Potvin et Hasni (2014) met en évidence la diminution de motivation des élèves à l'égard des ST, depuis le 3^e cycle du primaire, jusqu'à la fin du secondaire. En effet, les jeunes apprenants perçoivent les situations d'apprentissage et d'évaluation (SAÉ) de nature théorique comme peu stimulantes et répétitives (MELS, 2013). Cette conclusion est aussi renforcée par Desautels (1998) qui affirme que les pratiques pédagogiques traditionnelles utilisées dans l'enseignement des ST favoriseraient une attitude passive de la part des élèves quant à leurs rôles de citoyens actifs et engagés au sein de leur société.

De nouvelles stratégies pédagogiques et outils numériques sont susceptibles de développer la compétence de résolution de problèmes et d'accroître la motivation des élèves à l'égard des ST. La section suivante exposera certaines de ces méthodes innovantes.

1.5 La contribution des jeux sérieux dans le développement de la compétence de résolution de problèmes et la motivation des élèves à l'égard des ST au primaire

Cette section aborde l'importance d'avoir recours aux pratiques pédagogiques actives telles que la démarche d'investigation et d'utiliser des outils numériques dont les jeux sérieux afin de développer la compétence de résolution de problèmes et la motivation des élèves à l'égard des ST.

1.5.1 Des approches actives pour l'enseignement des ST

Les différentes recherches réalisées dans le domaine de l'apprentissage montrent que les élèves apprennent mieux lorsqu'ils jouent un rôle actif dans la construction de la connaissance (Roschelle *et al.*, 2001). Ainsi, les enseignants sont à la recherche continue de stratégies actives qui pourraient aider les élèves à apprendre et à les motiver dans les classes de sciences et technologies. Afin de stimuler les jeunes apprenants et les impliquer dans le processus d'apprentissage, différentes approches actives, notamment la démarche d'investigation et résolution de problèmes, devraient être adoptées dans les cours de sciences. La démarche d'investigation est considérée telle une méthode active et complexe, basée sur l'analyse, la synthèse ou l'évaluation. Elle est susceptible de développer l'apprentissage et la motivation des élèves à l'égard des sciences (National Research Council, 2011, p. 22). Engager les élèves dans des démarches d'investigation contribue à stimuler leur curiosité naturelle pour le monde qui les entoure et les encourage à persévérer au cours de tâches relativement complexes.

Cependant, la démarche d'investigation dans les cours de sciences n'est pas très adoptée puisqu'elle est considérée comme difficile par les écoles, enseignants et élèves (National Research Council, 2011, p.22). De plus, les évaluations des apprentissages en sciences qui doivent couvrir un grand nombre de concepts scientifiques laissent peu de temps pour la pratique de cette approche stimulante en classe. Des contraintes pratiques et logistiques telles qu'un manque de laboratoires, matériel, ressources ou des obstacles liés aux moyens de transport pour pouvoir réaliser des sorties éducatives ou accéder aux musées de sciences peuvent également expliquer la rareté de l'intégration de la démarche d'investigation en classe de sciences (National Research Council, 2011, p. 22).

Pour conclure, les écrits dans la littérature scientifique mettent en lumière la nécessité d'avoir recours aux méthodes innovantes telles que la démarche d'investigation pour améliorer la compétence de résolution de problèmes et accroître la motivation des élèves à l'égard des ST. Cependant, en raison de sa difficulté et faute de temps, la démarche d'investigation n'est pas toujours adoptée par les enseignant.e.s de ST. Au cours des dernières années, différents outils numériques dont les jeux sérieux ont été intégrés dans l'éducation et sont susceptibles de développer l'apprentissage et la motivation des élèves (Boyle *et al.*, 2016). La sous-section suivante permettra de mieux se familiariser avec le concept du jeu sérieux.

1.5.2 Concept du jeu sérieux

Le jeu a toujours été considéré telle une activité universelle (Haight *et al.*, 1999) qui sert d'outil d'information, de communication, d'interaction, d'expérimentation, de plaisir et de développement (Burghardt, 2005). L'utilisation des jeux éducatifs comme outils pédagogiques semble être un choix naturel et pertinent pour les enseignant.e.s (Roberts, 2010). En effet, l'apprentissage par le jeu peut offrir à la fois des aspects ludiques et des objectifs d'apprentissage. Malgré leur complexité, les jeux constituent un soutien indéniable pendant le processus d'apprentissage puisqu'ils aident les élèves à renforcer leurs connaissances et à revoir certains concepts clés (Bayir, 2014). Ils sont engageants et peuvent être adaptés à n'importe quel sujet. Les jeux éducatifs sont particulièrement efficaces au niveau de l'enseignement de relations cause à effet. En outre, les élèves ont tendance à s'imprégner des leçons apprises à travers les jeux de la nature interactive et engageante de l'expérience d'apprentissage vécue (The New Media Consortium [NMC], 2005). Plusieurs recherches ont rapporté l'utilité de l'apprentissage par le jeu pour les enfants (Bouchard *et al.*, 2015; Brooker *et al.*, 2014), les adultes (Pivec et Dziabenko, 2004) et même les personnes âgées (Charlier *et al.*, 2012). Une étude réalisée par Lin et ses collègues (2019) a pu démontrer l'effet positif de l'utilisation d'un jeu de plateau sur la motivation et l'intérêt des élèves ainsi que sur leur performance en matière de biologie marine.

En raison du progrès rapide du numérique, l'utilisation pédagogique des jeux vidéo s'est développée au cours des dernières décennies (Makransky *et al.*, 2019; Rutten *et al.*, 2012). Selon une enquête NETendances réalisée en 2019 sur l'utilisation du numérique au Québec, une majorité des jeunes de 6 à 17 ans (70%) passent 10 heures par semaine exposés aux médias numériques

(CEFRIO, 2020). 60% des jeunes de cette tranche d'âge consacrent leur temps à des jeux en ligne (CEFRIO, 2020). Les données de l'enquête NETendances indiquent également que 19% des garçons ont tendance à utiliser l'internet plus de 15 heures par semaine comparativement à 13 % des filles. L'augmentation du temps passé par les enfants, les adolescents et les adultes à jouer aux jeux vidéo pourrait justifier la popularité de ces outils numériques (Papastergiou, 2009). La nouvelle « génération numérique » est caractérisée par un apprentissage multitâche, soit une façon d'apprendre centrée sur l'exploration et la découverte avec une attention relativement courte au cours du processus d'apprentissage (Bain et Newton, 2003; Prensky, 2006). Selon ces auteurs, l'introduction de jeux sérieux auprès de la nouvelle génération pourrait contribuer à augmenter son apprentissage et sa motivation à apprendre.

En résumé, les recherches réalisées sur les jeux éducatifs ont démontré leur efficacité sur le plan pédagogique. Au cours des dernières années, des outils numériques tels que les jeux sérieux ont été développés. Ceux-ci ne sont pas uniquement conçus à des fins de divertissement mais font partie aussi d'une intervention à but pédagogique (Zyda, 2005). De ce fait, les jeux sérieux sont principalement utilisés dans l'éducation. Selon le Conseil Supérieur de l'éducation (2009, p. 8), « l'utilisation des technologies informatiques et numériques par les adolescents transforme le rapport qu'ils ont au savoir et à l'école en plus de diversifier leurs modes de socialisation ». La sous-section suivante tentera d'exposer d'une façon plus précise la contribution des jeux sérieux dans le développement de la compétence de résolution de problèmes et la motivation des élèves.

1.5.3 Potentiel des jeux sérieux dans le développement de la compétence de résolution de problèmes et de la motivation

Selon Louise Sauvé et ses collègues (2007), les jeux sérieux présentent plusieurs avantages sur le plan pédagogique dont le développement :

➤ *d'habiletés en résolution de problèmes*

Le jeu sérieux permet aux utilisateurs de comprendre un problème authentique, formuler des solutions possibles, développer des stratégies et choisir une solution pertinente afin de résoudre le problème proposé (Lauer, 2003, cité dans Sauvé, 2007). Par le biais du jeu, l'élève peut améliorer également ses facultés de pensée critique et de prises de décisions (Dickey, 2005, cité dans Sauvé,

2007). En outre, le jeu sérieux permet à l'apprenant de développer la logique requise pour résoudre un problème.

➤ *de la motivation à apprendre*

Grâce aux défis proposés et à la rétroaction continue offerte, le jeu sérieux a le potentiel de motiver les élèves. Les points gagnés ou les récompenses obtenues à travers le jeu contribuent à développer également l'estime de soi et la confiance des apprenants (Lieberman, 2001, cité dans Sauvé, 2007).

Malgré le potentiel des jeux sérieux dans le développement de la résolution de problèmes et la motivation des élèves, leur utilisation dans les écoles reste limitée. Les principaux défis liés à la manipulation des jeux sérieux dans les salles de classe, notamment durant les cours de sciences, seront présentés dans la sous-section suivante.

1.5.4 Contraintes à l'utilisation des jeux sérieux en sciences et technologie

Malgré le potentiel et la popularité des jeux sérieux, les études réalisées sur les effets des jeux sérieux en sciences et technologies sont très limitées (Clark *et al.*, 2009; Young *et al.*, 2012, p.70). Selon Dede (2009), de nombreux obstacles limitent leur utilisation en salle de classe : a) l'utilisation des jeux sérieux d'une façon inefficace b) des contraintes de temps et la pression de réaliser des évaluations axées principalement sur les connaissances, c) la difficulté d'assurer un ordinateur pour chaque élève, notamment dans les écoles situées dans des milieux défavorisés. De plus, il s'avère difficile de trouver des jeux sérieux adéquats permettant aux élèves de développer la compétence de résolution de problèmes.    titre d'exemple, la plupart des jeux sérieux environnementaux disponibles visent à conscientiser les élèves aux enjeux écologiques. Cependant, ces jeux, pour la plupart, ne leur permettent pas de développer la compétence de résolution de problèmes.

1.6 Pertinences sociale et scientifique

Cette section synthétise la pertinence sociale et scientifique d'étudier l'impact des jeux sérieux sur la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental et la motivation des élèves du primaire en science et technologie.

1.6.1 Pertinence sociale

La pertinence sociale de ce projet s'appuie sur la possibilité de contribuer au développement d'élèves écocitoyens, capables de résoudre des problèmes socio-écologiques et de favoriser ainsi l'innovation sociale. Cette recherche aura également comme portée, si les hypothèses sont confirmées, d'accroître la motivation des élèves à l'égard des ST au primaire. En effet, accentuer la motivation des élèves à l'égard des ST pourrait avoir un impact positif sur le choix de filières et de carrières scientifiques. L'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) souligne qu'il « est établi que porter de l'intérêt aux sciences dès un jeune âge est une variable prédictive probante [...] du choix d'une profession à caractère scientifique et technologique » (OCDE, 2007, p. 131). En outre, cette étude pourra mettre en lumière la nécessité de mieux former les enseignants aux enjeux environnementaux et les initier à l'utilisation de méthodes actives et stimulantes comme les jeux sérieux et ce, pour développer la compétence de résolution de problèmes en ST et la motivation des élèves. De plus, elle pourra favoriser le développement des compétences du 21^e siècle chez les élèves comme la résolution de problèmes, la pensée critique, la collaboration et la maîtrise des technologies de l'information et de la communication (TIC).

1.6.2 Pertinence scientifique

À l'état actuelle de nos connaissances, aucune recherche québécoise n'a auparavant été réalisée sur l'effet possible de jeux sérieux sur la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental. Aucune ne s'est d'ailleurs intéressée à leur effet sur la motivation des élèves dans le cadre de l'enseignement des ST au niveau primaire.

Une méta-analyse de 79 études, réalisée dans les écoles primaires, secondaires et postsecondaires québécoises et menée par Riopel et ses collègues (2019), avait toutefois poursuivi l'objectif d'examiner l'impact des jeux sérieux sur l'apprentissage des sciences et ce, en comparaison avec les méthodes plus traditionnelles. Les auteurs démontrent, dans cet article, que les jeux sérieux sont plus bénéfiques dans le contexte de l'enseignement des sciences naturelles que l'emploi de méthodes plus « traditionnelles ». Ils auraient un effet positif sur l'apprentissage au cycle secondaire et permettent à l'utilisateur d'exercer un certain contrôle sur le déroulement et le contrôle du jeu. D'autres variables comme le réalisme et le domaine du jeu (biologie - physique - chimie - mathématiques) présenteraient un effet moins marquant sur l'apprentissage. À travers

cet article, les auteurs ont démontré que l'effet positif des jeux sérieux sur l'apprentissage des ST l'emporte sur l'apprentissage par les méthodes traditionnelles. Par contre, leur étude n'inclut pas une analyse de l'impact des jeux sérieux sur la compétence de résolution de problèmes ou la motivation en ST.

Conséquemment, le présent projet s'avère pertinent pour l'avancement des connaissances scientifiques dans un cadre national. Ainsi, serait-il pertinent d'explorer l'effet d'un jeu sérieux portant sur la préservation de la biodiversité et d'évaluer son effet sur la compétence de résolution de problèmes et la motivation des élèves en ST au primaire, au moment où des problèmes environnementaux se posent avec acuité à l'échelle mondiale.

1.7 Formulation de la question de recherche

Compte tenu de la popularité et du potentiel des jeux sérieux et du manque d'écrits dans la littérature scientifique sur leurs effets, particulièrement en science et technologie, la question de recherche qui en découle est la suivante : *Quel est l'effet de l'utilisation de jeux sérieux numériques sur la compétence de résolution de problèmes environnementaux et la motivation des élèves en science et technologie au primaire?*

La prochaine section traitera plus spécifiquement les écrits scientifiques qui permettent d'apporter directement ou indirectement des éléments de réponse, même partiels, à cette question de recherche. Par la suite, deux hypothèses de recherche seront énoncées.

CHAPITRE II

CADRE DE RÉFÉRENCES THÉORIQUES

Les prochaines lignes sont destinées à faire le bilan des connaissances existantes dans la littérature de recherche et qui sont en lien avec l'objectif d'étudier l'effet de l'utilisation des jeux sérieux numériques sur la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental et la motivation des élèves en science et technologie.

Les concepts-clés de *jeux sérieux*, de *compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental* et de la *motivation en contexte scolaire*, notamment en science et technologie, seront d'abord définis de façon à délimiter leur sens dans le contexte de ce projet de recherche.

Ensuite, les principales recherches susceptibles de soutenir le cadrage théorique et la méthodologie seront présentées. Une synthèse est finalement dégagée afin de permettre la formulation de deux hypothèses de recherche.

2.1 Le jeu sérieux

La littérature scientifique ne fait pas toujours la distinction entre jeu, jeu de simulation et jeu sérieux (Usta *et al.*, 2008). Nous expliquerons dans cette section, la différence entre ces trois concepts afin d'aboutir à une définition du jeu sérieux pertinente pour le projet d'étude.

2.1.1 Le jeu, le jeu de simulation et le jeu sérieux : définitions et distinctions

Le jeu est l'une des activités essentielles pour le développement de l'humain et de son apprentissage. Il contribue à mieux communiquer, interagir avec autrui, prendre plaisir et se développer (Burghardt, 2005). Selon Louise Sauvé et ses collègues (2007), le jeu est défini comme une situation fictive dans laquelle un ou plusieurs joueurs sont mis en position de conflit les uns contre les autres et sont régis par des règles structurant leurs actions en vue d'atteindre un objectif précis (ex : gagner). Le jeu est « une activité dans laquelle les participants suivent des règles prescrites qui diffèrent de celles de la vie réelle en s'efforçant d'atteindre un objectif

ambitieux » (Heinich *et al.*, 2002, p. 10). À partir des définitions précitées, Louise Sauvé et ses collègues (2007) retiennent six attributs du jeu utilisé en contexte éducatif : *le ou les joueurs*, *le conflit*, *les règles*, *le but prédéterminé du jeu*, *le caractère artificiel* et *le caractère éducatif*.

Le ou les joueurs désignent un individu ou un groupe d'individus disposés à prendre des décisions dans un jeu. Dans un jeu éducatif, le joueur effectue plusieurs actions dans l'objectif d'apprendre; de la rétroaction lui est fournie afin de vérifier les apprentissages réalisés.

Le conflit est représenté par des obstacles dynamiques, humains ou contrôlés par l'ordinateur rendant l'atteinte de l'objectif plus difficile pour le joueur. Le conflit met en jeu des notions de compétition et de défi susceptibles de motiver les utilisateurs à persévérer dans le jeu et à prendre des décisions.

Les règles sont un ensemble de consignes simples ou complexes décrivant les relations entre le joueur et l'environnement du jeu. Les règles spécifient les actions autorisées par les joueurs et la structure dans laquelle elles auront lieu (Gray *et al.*, 1998). Stolovitch et Thiagarajan (1980) distinguent trois types de règles : a) règles de procédure où les composantes du jeu sont décrites tel le nombre de joueurs, la fonction de chaque joueur, les activités et mouvements qu'ils sont capables de faire, b) règles de clôture indiquant les résultats ou scores obtenus par chaque joueur ainsi que les contraintes, c) règles de contrôle relatant les conséquences auxquelles les joueurs sont confrontés s'ils ne respectent pas les règles précitées.

Selon Salopek (1999), *le but prédéterminé* désigne la fin du jeu (victoire ou récompense). Dans le cas d'un jeu éducatif, il comprend les objectifs poursuivis par le joueur.

Sauvé et Chamberland (2006) définissent *Le caractère artificiel* comme une activité n'ayant aucune référence à la réalité tel que le jeu « Tic Tac Toe ». Pour Dempsey et ses collègues (2002), le jeu comporte un aspect de fantaisie. L'élément fictif présent dans le jeu permet à l'utilisateur d'y prendre plaisir.

Finalement, *Le caractère éducatif* signifie que le jeu doit contribuer à un nouvel apprentissage, voire au développement de connaissances, d'attitudes et d'habiletés intellectuelles comme la résolution de problèmes.

Selon Christopher (1999), le jeu de simulation implique au moins deux joueurs et possède les quatre attributs suivants : a) un environnement réel mais pas forcément réaliste, b) des objectifs d'apprentissage à atteindre, c) des règles limitant les actions des utilisateurs dans le jeu et d) un

système de pointage ou d'« observation systématique » pour que tous les joueurs aient une meilleure vue d'ensemble du jeu. Selon Sandford et Williamson (2005), les jeux de simulation sont des modèles du monde réel adoptant des caractéristiques du jeu comme la récompense dans le but de motiver le joueur à gagner. Le jeu de simulation est défini par Legendre (2005, p. 815) comme un « processus qui consiste, sous forme de jeu, à simuler une situation ou une activité qui correspond à un aspect de la réalité ».

Un survol de la littérature scientifique a été réalisé afin de présenter les principales définitions du jeu sérieux (*serious game*). Parmi les nombreuses définitions évoquées, nous en avons sélectionné cinq résumant l'essentiel de ce qu'est un jeu sérieux.

Dans son livre, Abt (1970) définit les jeux sérieux comme étant des jeux présentant des objectifs d'apprentissage bien précis et dont la finalité principale n'est pas le divertissement.

Dans la même ligne d'idées, Michael et Chen (2005) s'attardent sur l'aspect pédagogique des jeux sérieux. Selon ces chercheurs, le jeu ne se limite pas au simple plaisir et divertissement.

Zyda (2005, p.26), quant à lui, définit le jeu sérieux comme :

Un défi cérébral, joué avec un ordinateur selon des règles spécifiques, qui utilise le divertissement en tant que valeur ajoutée pour la formation et l'entraînement dans les milieux institutionnels ou privés, dans les domaines de l'éducation, de la santé, de la sécurité civile, ainsi qu'à des fins de stratégie de communication

Pour Sawyer (2003), les jeux sérieux sont des applications informatiques conçues par des chercheurs et développeurs et dont la finalité dépasse le simple divertissement. Les deux approches de Zyda (2005) et de Sawyer (2003) semblent converger; l'idée est de partir d'une base vidéoludique afin d'en faire un usage pédagogique.

Alvarez (2007, p. 9), en s'inspirant des définitions proposées par Zyda (2005) et Sawyer (2003), définit le jeu sérieux comme :

Une application informatique, dont l'objectif est de combiner à la fois des aspects sérieux (*Serious*) tels, de manière non exhaustive, l'enseignement, l'apprentissage, la communication, ou encore l'information, avec des ressorts ludiques issus du jeu vidéo (*Game*). Une telle association a donc pour but de s'écarter du simple divertissement.

Puisque notre projet se focalise sur l'apprentissage, précisément la compétence de résolution de problèmes et la motivation des élèves, nous retiendrons la définition d'Alvarez (2007). Celle-ci combine les aspects éducatif et ludique du jeu sérieux.

Le jeu se résume donc à une situation artificielle et fantaisiste au cours de laquelle des joueurs sont mis en position de conflit les uns contre les autres et sont soumis à des règles déterminées afin d'atteindre des objectifs d'apprentissage et de pouvoir ultimement gagner ou prendre leur revanche. En revanche, le jeu de simulation est un modèle simplifié et dynamique de la réalité. Selon Alvarez (2007), le jeu sérieux, à la différence du jeu de simulation, est un outil numérique ayant pour finalité l'apprentissage et le divertissement impliquant, souvent, un conflit, une compétition ou un but ultime de gagner. Dans le cadre de ce projet de recherche, aucune distinction entre jeu sérieux et jeu de simulation ne sera effectuée pour les raisons suivantes : a) plusieurs auteurs ont souligné que ces deux concepts sont fréquemment utilisés d'une façon réciproque dans les différentes études (Hays, 2005; Rieber *et al.*, 1998), b) plusieurs études récentes ont montré l'absence de différences entre ces deux concepts.

Les différentes caractéristiques du jeu sérieux seront évoquées dans la sous-section suivante.

2.1.2 Les attributs du jeu sérieux

Il existe plusieurs dimensions d'un jeu sérieux. Les travaux de Marne et collègues (2011) identifient six facettes qu'il faudrait prendre en considération lors de la conception et l'utilisation d'un jeu sérieux : les « objectifs pédagogiques » (que veut-on enseigner au joueur?), la « simulation du domaine » (quelles connaissances et compétences disciplinaires doivent être visées par le jeu?), les « interactions avec la simulation » (comment favoriser l'interaction entre le joueur et le moteur de jeu?), les « problèmes et la progression » (quels problèmes les joueurs doivent-ils résoudre pour avancer dans le jeu?), le « décorum » (quels éléments médias et scénaristiques peuvent favoriser l'engagement et l'immersion des apprenants dans le jeu?) et les « conditions d'utilisation » (dans quel contexte le jeu sérieux peut-il être exploité [en classe ou en ligne]?).

Différents chercheurs (Prensky, 2001; Vogel *et al.*, 2006) soutiennent qu'un jeu sérieux est caractérisé par les éléments suivants : *objectifs à atteindre* (passer à un niveau plus difficile), *règles et contraintes* (ex : un temps précis pour compléter le jeu), *compétition* (contre d'autres joueurs ou

contre l'ordinateur), *une dose de fantaisie* (un contexte spécifique séparé de la vie réelle en termes de temps et d'espace) et *du plaisir* pour les utilisateurs (Vogel *et al.*, 2006; Wouters *et al.*, 2013). Oblinger (2004) identifie plusieurs attributs associés à la façon d'apprendre : *l'activation des apprentissages antérieurs, le contexte, la rétroaction, le transfert, l'apprentissage expérientiel et l'environnement social*.

L'activation des apprentissages antérieurs implique le recours aux connaissances antérieures et l'apprentissage de nouveaux concepts afin de passer à des niveaux supérieurs dans le jeu. Le *contexte* est significatif dans les jeux numériques. En effet, reconnaître quelles informations ou techniques à appliquer dans chaque situation pourraient contribuer à une plus grande réussite.

De plus, les jeux numériques fournissent à l'utilisateur un score et de *la rétroaction* continue afin de lui permettre de suivre sa progression. Ils nécessitent aussi *le transfert* de connaissances apprises dans la vie quotidienne, l'école, les autres jeux...

Selon Rickard et Oblinger (2004), le jeu sérieux, par le biais d'un jeu de rôle (activité par laquelle un utilisateur joue le rôle d'un personnage dans un environnement fictif) offre aux élèves l'occasion d'avoir recours à *l'apprentissage expérientiel*. Ils sont considérés également comme des *environnements sociaux* pouvant impliquer l'interaction de larges communautés.

Dans un article publié en 2012, Louise Sauvé et Marie-Julie Babin ont tenté de répondre à la question suivante : « Comment utiliser des jeux sérieux en ligne qui répondent au contenu des programmes scolaires, aux exigences pédagogiques des enseignants ainsi qu'au contexte technologique de l'école? ». Afin de répondre à cette question, les auteurs proposent dans leur article plusieurs critères à considérer lors de l'intégration des jeux sérieux en classe. Ces critères sont présentés dans le Tableau 2.1 suivant trois aspects : *les attentes pédagogiques des enseignants, la motivation de l'élève et les aspects technologiques de l'interface du jeu*.

Tableau 2.1 *Critères à prendre en compte lors du choix du jeu sérieux et son utilisation en classe (Sauvé et Babin, 2012)*

Critères	Description
Critères en fonction des attentes scolaires	Le jeu doit être populaires auprès des jeunes afin de réduire le temps dédié pour l'apprentissage des règles du jeu, ne doit pas présenter de problèmes techniques. Il doit inclure des contenus liés aux programmes scolaires, du matériel d'accompagnement, des traces comme les rétroactions et les points collectés permettant aux apprenants de suivre leur progression dans le jeu. Il doit prendre en compte les différentes caractéristiques des élèves (niveau de langue, vocabulaire) et leur contenu doit être mis à jour en continu et conformes aux programmes scolaires. Le jeu doit être facile d'accès pour les élèves. Il doit intégrer des activités d'apprentissage de différents degrés de difficulté allant de la plus simple à la plus complexe. Il doit offrir aux apprenants des contenus d'apprentissage précis leur permettant de structurer leurs connaissances et proposer des contenus multimédias divers comme les illustrations et les vidéos afin de favoriser la motivation de l'élève. Le jeu doit offrir aussi des mécanismes permettant de gérer le temps tout au long du jeu. Il doit être adapté aux équipements technologiques de chaque école. Les élèves doivent avoir la possibilité de jouer en groupe ou chacun seul sur un ordinateur.
Critères sur le plan de la motivation des élèves	Afin que le jeu puisse susciter la motivation de l'élève, il est primordial d'y intégrer certains mécanismes comme une interface de communication (sous forme de textes ou de sons auditifs) favorisant la collaboration et la participation active des élèves, une rétroaction continue fournie à l'élève permettant de favoriser les échanges entre les apprenants (ce qu'ils ont réussi et les lacunes à combler), des règles précises favorisant la compétition et l'interaction tout au long du jeu, un équilibre entre le temps d'apprentissage et le temps de jeu pour maintenir l'intérêt de l'élève et un système de points à collecter ou un score affiché sur l'écran permettant au joueur de suivre sa progression dans le jeu.
Critères sur le plan de l'interface du jeu	Le jeu doit s'afficher de la même manière sur tous les ordinateurs. Les activités d'apprentissage ainsi que les règles, consignes et points doivent être entièrement visibles sur l'écran. Il doit permettre à l'utilisateur de naviguer facilement dans l'environnement virtuel; les pions, consignes, boutons de navigation et points collectés doivent être constamment affichés et facilement accessibles aux élèves. Le jeu doit avoir recours à des symboles et icônes reconnus par les joueurs pour faciliter leurs actions. Le texte intégré dans le jeu sérieux doit être disposé en paragraphes bien distincts et la taille et police choisies doivent être bien adaptées afin de faciliter sa lecture. De plus, il est important de ne pas inclure d'images et de vidéos en excès afin de ne pas réduire la motivation de l'apprenant.

En conclusion, différents chercheurs ont identifié plusieurs attributs du jeu sérieux comme les objectifs d'apprentissage, les règles précisées au début du jeu, le score affiché sur l'écran et la rétroaction fournie au joueur afin qu'il puisse suivre sa progression tout au long du jeu.

Dans la sous-section suivante, nous présenterons le jeu sérieux « Nowatera » choisi dans le cadre de cette étude.

2.1.3 Le jeu sérieux « Nowatera »

Dans le cadre de la présente étude, le jeu numérique « Nowatera » a été choisi. Celui-ci permet aux élèves de mieux comprendre les mécanismes liés à la préservation de la biodiversité. « Nowatera » est un jeu d'investigation scientifique qui a lieu sur une nouvelle planète (imaginée) éloignée et colonisée. Le jeu propose huit missions au cours desquelles le joueur découvre les effets de l'altération de l'environnement sur la biodiversité et les activités humaines. Grâce aux propos des experts scientifiques et des fiches fournies dans la base de données, le joueur choisit à la fin de chaque mission une solution adéquate pour résoudre le problème environnemental en question. Le score affiché à la fin de chaque mission et la rétroaction fournie au joueur mettent en lumière les répercussions de la solution choisie sur la protection de notre espèce, les ressources fournies à l'homme, le maintien de la biodiversité et le bien-être des gens. Ce jeu a le potentiel de stimuler le plaisir chez les élèves grâce à l'interaction continue avec les personnages virtuels et aux effets visuels et audio présentés dans l'environnement numérique.

Le jeu « Nowatera » est caractérisé par plusieurs éléments : un objectif général (faire comprendre aux élèves l'équilibre global de notre planète et les sensibiliser à l'importance de préserver la biodiversité), des règles à respecter (poser les bonnes questions aux colons, consulter les fiches de la base de données afin de se familiariser avec différents concepts liés à la biodiversité, choisir la meilleure solution possible pour résoudre le problème environnemental proposé dans chaque mission), une dose de fantaisie (« Nowatera » est une planète imaginaire), du plaisir pour le joueur grâce à la présence d'avatars, de paysages diversifiés et d'effets audio dans le jeu, un score et une rétroaction continue attribués à l'utilisateur à la fin de chaque mission.

En se basant sur la définition formulée par Alvarez (2007), nous pouvons ainsi considérer que le jeu numérique « Nowatera » fait partie des jeux sérieux puisqu'il permet, par son caractère éducatif

et ludique, de poser un questionnement scientifique sur un problème environnemental important, soit celui de la perte de la biodiversité.

Dans la sous-section suivante, nous explorerons les différents écrits évoqués dans la littérature sur le jeu sérieux.

2.1.4 Portrait de recherche sur le jeu sérieux

Cette troisième section fait le tour des écrits dans la littérature scientifique sur les jeux sérieux et l'apprentissage. En premier lieu, nous présenterons les effets des jeux sérieux sur l'apprentissage et la compétence de résolution de problèmes. En second lieu, nous exposerons quelques recherches réalisées sur les impacts des jeux sérieux sur la motivation des élèves. Finalement, nous présenterons les principaux écrits dans la littérature scientifique se centrant sur l'influence des jeux sérieux sur la conscientisation environnementale.

2.1.4.1 Le jeu sérieux comme outil d'apprentissage et de développement de la compétence de résolution de problèmes

Les jeux sérieux permettant aux élèves d'interagir et de s'immerger dans le jeu auraient un grand impact sur l'apprentissage, en comparaison avec les approches traditionnelles (Chen *et al.*, 2014; Kim, 2006). Plusieurs éléments peuvent rendre les jeux sérieux bénéfiques pour l'apprentissage, à savoir les *règles et objectifs précisés*, la *confrontation du joueur à différents choix*, le *défi*, la *compétition*, les *rétroactions continues offertes à l'utilisateur* et l'*aspect ludique du jeu* (Dorn, 1989; Prensky, 2001; Vogel *et al.*, 2006).

L'apprentissage par le jeu sérieux pourrait être envisagé comme un moyen pédagogique permettant à des élèves dotés de savoir-faire hétérogènes d'atteindre des objectifs communs et de réussir ultérieurement. L'apprentissage par le jeu numérique se fonde autour de quatre principes (Romero *et al.*, 2019) :

Principe 1 : les objectifs et règles du jeu sont explicites

Afin de pouvoir atteindre un état maximal de concentration (état de « flow » ou « expérience optimale ») (Csikszentmihalyi, 1991), les règles et objectifs du jeu doivent être

formulés clairement. De plus, les règles du jeu doivent permettre à l'utilisateur d'avoir un sentiment de contrôle sur son environnement.

Principe 2 : le jeu s'appuie sur la zone proximale de développement

Un jeu trop facile peut être ennuyeux alors qu'un jeu trop difficile peut rendre le joueur anxieux. Lorsqu'un équilibre existe entre le défi proposé et l'état de connaissances et compétences de l'apprenant, le joueur se situe dans la zone proximale de développement (ZPD); il expérimente alors un état de « flow » (figure 2.1).

Principe 3 : l'apprentissage actif, centré sur l'apprenant

L'apprentissage par le jeu est une approche pédagogique active dans laquelle le jeune apprenant est le principal acteur de ses apprentissages. En effet, l'apprentissage par le jeu est un modèle de l'apprentissage expérientiel (Kiili, 2005) basé sur l'action et la réflexion (Eison et Bonwell, 1993) lequel suscite un engagement cognitif important de la part des élèves.

Principe 4 : l'expérience positive d'apprentissage, clé différentielle

L'apprentissage par le jeu rend l'expérience d'apprentissage plus plaisante pour l'apprenant et favorise ainsi son engagement cognitif. Cependant, certains jeux sérieux éducatifs (JSÉ) ne sont pas considérés par les élèves comme des jeux ludiques mais plutôt comme des activités d'apprentissage. À l'opposé, certaines activités, sans intention ludique, sont perçues comme des jeux.

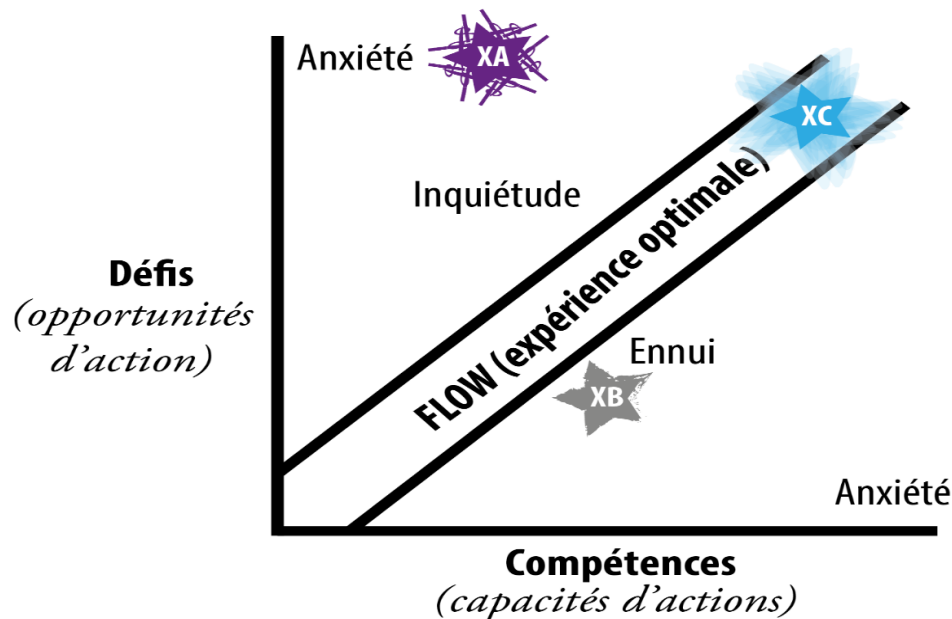


Figure 2.1 *Flow* (Csikszentmihalyi, 1991)

Les recherches élaborées par Oblinger (2004) accentuent l'effet positif des jeux sérieux qui permettent non seulement de s'autoévaluer grâce au score obtenu mais aussi de collaborer avec d'autres utilisateurs.

De plus, l'utilisation de certains jeux sérieux est bénéfique pour évaluer des compétences cognitives complexes telle la compétence de résolution de problèmes (Dionne, 2006; Ko, 2002) ainsi que l'innovation et la collaboration (Boyle *et al.*, 2016; Connolly *et al.*, 2012). Différentes études, au niveau primaire et secondaire, ont démontré l'effet positif de l'environnement numérique sur le rendement scolaire, l'engagement des élèves et le développement des compétences du 21^e siècle, telles que la démarche d'investigation, la réflexion critique, la communication et l'utilisation du numérique (Barab *et al.*, 2006; Klopfer *et al.*, 2009). En effet, Barma et ses collègues (2010, p. 2) affirment que les jeux sérieux sont susceptibles de développer des « compétences cognitives complexes telles que la capacité d'élaborer des scénarios divers et de discuter des démarches d'investigation pour résoudre un problème signifiant pour les jeunes ». Selon Kiili (2005, p. 17), les jeux sérieux offrent aux apprenants des possibilités de se fixer des objectifs personnels, recueillir activement des informations, contrôler et évaluer les processus de résolution de problèmes.

Watson et Fang (2012) ont proposé un cadre pratique dans l'objectif de former un cycle d'intégration efficace des jeux numériques pour l'apprentissage. Ce cadre se compose de cinq composantes extraites du processus de résolution de problèmes : *problème - activation - exploration - réflexion - facilitation*. Ces éléments sont détaillés ci-dessous :

Problème

Les problèmes proposés dans les jeux vidéo sont issus de la vie quotidienne et exigent des joueurs de développer des solutions (Gee, 2003, cité dans Watson et Fang, 2012; Shaffer, 2006, cité dans Watson et Fang, 2012).

Activation

L'activation des connaissances antérieures et expériences y relatives servent de base aux apprenants pour acquérir de nouvelles connaissances et compétences. Les stratégies appropriées pour activer les connaissances et expériences antérieures consistent à se rappeler, décrire, partager et démontrer des anciennes connaissances et compétences (Merrill, 2009, cité dans Watson et Fang, 2012). La phase d'activation est essentielle pour rendre l'apprentissage signifiant pour la structure de connaissances existantes des élèves, les intérêts individuels et la compréhension du monde qui les entoure. L'activation est également importante pour faciliter le changement de structure cognitif des apprenants (Merrill, 2009, cité dans Watson et Fang, 2012); les apprenants réorganisent alors leur compréhension au fur et à mesure que les nouvelles connaissances sont traitées.

Exploration

Dans l'apprentissage basé sur la résolution de problèmes, les apprenants explorent ce qu'ils savent et ce qu'ils ne savent pas. Puis, ils font des plans pour poursuivre des activités comme réaliser des recherches afin d'acquérir des connaissances et compétences nécessaires pour la création de solutions possibles (Savery, 2009, cité dans Watson et Fang, 2012). Dans un contexte similaire, les jeux numériques fournissent aux utilisateurs des situations pour y explorer l'environnement virtuel, synthétiser des ressources et éventuellement générer des solutions (Shaffer, 2006, cité dans Watson et Fang, 2012). Le processus d'exploration dans un jeu vidéo comprend les étapes suivantes : 1) *analyse de problème*, 2) *identification de connaissances et compétences nécessaires*, 3) *anticipation de solutions possibles*, 4) *expérimentation ou évaluation des connaissances et*

compétences, 5) choix de la meilleure solution. Le processus d'exploration est similaire à une démarche d'investigation allant de la formulation d'hypothèses à la prise de décisions. Au cours du cycle, les joueurs mènent une démarche d'investigation par essais et erreurs.

Le processus d'exploration dans les jeux vidéo favorise l'engagement et la motivation des élèves; il met en lumière le processus de résolution de problèmes et permet aux joueurs d'essayer de nombreuses solutions dans un environnement sécuritaire en cas d'échec.

Réflexion

La réflexion est un élément clé de l'apprentissage basé sur la résolution de problèmes, avec ou sans jeu numérique. Plusieurs chercheurs ont indiqué la nature critique de la réflexion pour un apprentissage efficace basé sur le jeu (Garris *et al.*, 2002, cités dans Watson et Fang, 2012; Gee, 2003, cité dans Watson et Fang, 2012). Similairement à la résolution de problème par la méthode traditionnelle, jouer à des jeux numériques en petits groupes est bénéfique pour promouvoir la réflexion et la discussion avant de choisir quelle stratégie adopter ou quelle solution appliquer. Au fur et à mesure de l'avancement du jeu, plusieurs points exigent une réflexion de la part des joueurs : a) données et informations relatives au problème rencontré à l'étape d'analyse du problème; b) connaissances requises après avoir mené des recherches à l'étape d'identification des connaissances et compétences nécessaires; c) hypothèses afin de déterminer des solutions possibles; d) procédure adoptée pour tester différentes solutions, reconsidérer les hypothèses émises et construire la meilleure solution possible grâce aux nouvelles informations consultées. Dans l'environnement virtuel, les joueurs font de multiples choix et le jeu génère des résultats sous forme de scores basés sur les décisions prises.

Facilitation

La facilitation est un élément-clé dans l'apprentissage par problème et essentiel pour surveiller le processus de résolution de problèmes. Les enseignant.e.s doivent aider à promouvoir la réflexion des élèves à l'issue du jeu sérieux et encourager la collaboration et l'interaction entre les élèves. Les enseignant.e.s ayant recours aux jeux virtuels en classe « should be more facilitatory and less didactic, more guide like and less directly instructive... » (Koschmann *et al.*, 2000, p. 53, cité dans Watson et Fang, 2012). Hmelo-Silver (2004, cité dans Watson et Fang, 2012) a affirmé que

les enseignant.e.s ont le pouvoir de faciliter l'apprentissage des élèves par la modélisation et l'accompagnement et ce, par l'utilisation de stratégies de questionnement efficaces et réflexives.

Malgré le nombre restreint d'études portant sur les bienfaits des jeux virtuels quant à l'apprentissage en ST (Young *et al.*, 2012), il a été démontré que les jeux sérieux stimulent les élèves à élaborer leurs propres expériences et hypothèses favorisant par conséquent leur apprentissage des sciences (Rapini, 2012). Serin (2011) a mis en évidence dans son étude l'impact positif de l'enseignement assisté par ordinateur sur la performance et la compétence de résolution de problèmes des élèves de niveau 5^e année du primaire en science et technologie. L'étude de Spires et ses collègues (2011), quant à elle, avait pour objectif d'examiner la relation existante entre les stratégies adoptées par les élèves pour tester des hypothèses et les gains d'apprentissage dans le jeu sérieux « Crystal Land ». Les résultats indiquent que les élèves ont amélioré leur apprentissage grâce au jeu sérieux. En effet, les élèves ayant testé une proportion plus élevée d'hypothèses appropriées ont démontré de plus grands gains d'apprentissage et ont complété plus d'objectifs dans le jeu sérieux. Tandis que les apprenants ayant sélectionné plusieurs hypothèses incorrectes n'ont pas amélioré leur apprentissage et ont complété par conséquent moins d'objectifs d'apprentissage.

En conclusion, les différents écrits dans la littérature scientifique démontrent que les jeux sérieux ont le potentiel de favoriser l'apprentissage et de développer des compétences cognitives complexes telles que la résolution de problèmes. D'après le National Research Council (2011), les jeux sérieux s'avèrent être des outils favorables au développement des connaissances et de compétences scientifiques et de motivation à l'égard des ST. Dans la sous-section suivante, nous tenterons alors de présenter les recherches réalisées autour de l'impact des jeux sérieux sur la motivation des élèves.

2.1.4.2 Le jeu sérieux comme outil de développement de la motivation des élèves

De nombreux travaux ont rapporté les bienfaits des jeux sérieux non seulement pour acquérir des connaissances et développer des compétences mais aussi pour fournir une motivation intrinsèque chez les élèves. Ces jeux semblent avoir des répercussions positives sur le développement des fonctions cognitives grâce aux tâches interactives et motivantes offertes aux joueurs (Gee, 2008;

Malone et Lepper, 2005; Papastergiou, 2009; Prensky, 2001; Westera, 2015). De même, les auteurs Malone et Lepper (2005) ont déduit que les jeux sérieux peuvent favoriser l'engagement des élèves ainsi que leur curiosité, sens de contrôle et fantaisie. Selon Westera (2015), les jeux sérieux favorisent l'engagement scolaire et la motivation des apprenants. Ces deux variables deviennent par la suite des facteurs pouvant améliorer, par conséquent, leurs apprentissages. Les travaux de Dede (2009) portant sur l'environnement numérique soulignent que la conception de jeux virtuels avec des tâches spécifiques à réaliser, active les différents sens de l'être humain et crée un sentiment de présence réelle dans le jeu et d'interaction avec les différents personnages virtuels. Un jeu sérieux efficace devrait prendre en compte différents éléments générant une motivation intrinsèque tels que le défi, la curiosité, la fantaisie et le contrôle (Rieber, 1996).

L'étude de Lim et ses collègues (2006) avait pour objectif d'examiner la façon dont l'environnement virtuel « Quest Atlantis » est utilisé dans le cadre d'une série de leçons de sciences afin de favoriser l'engagement des élèves de la quatrième année du primaire à apprendre. Trois questions de recherche y étaient proposées :

Q1 : Quel est le niveau d'engagement des élèves à apprendre dans l'environnement virtuel « Quest Atlantis »?

Q2 : Quels sont les défis et limites de l'intégration de « Quest Atlantis » dans les leçons de sciences ?

Q3 : Comment ces défis et tensions sont-ils relevés ?

Les résultats ont indiqué un niveau d'engagement des élèves à apprendre dans l'environnement virtuel *QA* relativement réduit. Selon les auteurs, le faible niveau d'engagement perçu est dû aux différentes distractions présentes dans l'environnement virtuel, la difficulté des élèves à bien comprendre le langage utilisé dans le jeu, leur faible compétence numérique et leur difficulté à transférer les connaissances apprises dans le monde virtuel. Les principaux défis liés à l'intégration de l'environnement virtuel dans le programme de science étaient le temps assez réduit consacré à la manipulation du jeu et le recours assez rare des enseignant.e.s à la démarche d'investigation scientifique en classe.

Smith (2014), quant à lui, a réalisé une étude dont l'objectif était d'examiner l'effet d'un jeu numérique sur l'apprentissage des sciences, la motivation et l'intérêt des élèves et le développement de compétences du 21^e siècle telles que la résolution de problèmes scientifiques, la collaboration, la pensée critique, la conscientisation écologique et l'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC). La recherche a impliqué la participation de 15 élèves de 4^e année du primaire étudiant dans une petite école située aux États-Unis. Les résultats de cette étude indiquent une amélioration significative de l'apprentissage des sciences par le biais des jeux sérieux, une augmentation de la motivation des élèves et un développement des compétences du 21^e siècle. Toutefois, une des limites de la recherche de Smith (2014) est le petit échantillon participant à l'étude.

Différentes études ont pu ainsi démontrer l'impact positif des jeux sérieux sur la motivation des élèves, notamment à l'égard des sciences et technologies. Puisque notre projet de recherche s'intéresse à la résolution de problèmes environnementaux, nous exposerons dans la sous-section suivante plusieurs recherches réalisées sur l'effet des jeux sérieux sur la conscientisation environnementale.

2.1.4.3 Le jeu sérieux comme outil de sensibilisation aux problématiques environnementales

Afin de sensibiliser la société aux différentes problématiques environnementales, des jeux sérieux types « green games » (*jeux qui portent sur la thématique de l'environnement*) ont été développés durant ces dernières années. Par exemple, Genevois et Leninger-Frézal (2014) structurent leur article autour de cette question de recherche : « Peut-on employer les jeux sérieux dans une perspective d'éducation à l'environnement ? » À cet effet, les auteurs ont d'abord procédé à une recension et analyse des différents jeux sérieux environnementaux. Ils ont ensuite affirmé que les jeux sérieux présentent des potentialités éducatives inégales. Selon les auteurs, les jeux behavioristes tels « Lâchez prise », « Eco Ego » ou « Le réflexe planétaire » offrent des perspectives didactique et pédagogique restreintes. Toutefois, les jeux de modélisation ou jeux de simulation comme « Clim'way », « Ecoville » ou « Recycle City » semblent plus intéressants à exploiter sur le plan pédagogique. L'étude réalisée par Genevois et Leninger-Frézal (2014) a mis en relief la possibilité d'employer les jeux de simulation dans une perspective d'éducation à l'environnement. Les auteurs affirment ainsi que les jeux sérieux, notamment les jeux de

simulation, constituent un outil d'éducation à l'environnement qu'ils qualifient d'« actif ». Cette recherche évoque donc l'importance de l'intégration de l'ERE par le jeu sérieux? en milieu scolaire. Cependant, l'étude ne considère pas l'effet des jeux sérieux sur la compétence de résolution de problèmes.

Louise Sauvé (2012) a réalisé une étude de cas où elle a documenté et évalué l'intégration d'un jeu sérieux au sein d'un groupe de classe. Cette recherche avait pour objectif d'examiner comment le jeu sérieux intitulé « Eau Secours » peut conduire les élèves à faire preuve d'un comportement responsable quant à l'utilisation de l'eau. Un échantillon de 156 élèves dont la moitié provient du 4^e secondaire et l'autre moitié du 5^e secondaire ont participé à l'étude. Les résultats indiquent la satisfaction du jeu sérieux « Eau-Secours » aux conditions ergonomiques (convivialité, design et lisibilité) et aux mécanismes de motivation et de soutien à l'apprentissage (défi, compétition et rétroaction). Cependant, cette étude n'a pas pu démontrer un changement d'attitudes, quant à la conservation de l'eau, avant et après avoir joué au jeu sérieux. Cette étude n'a pas pris en compte, non plus, l'effet des jeux sérieux sur d'autres enjeux environnementaux telle la biodiversité. Elle ne considère pas non plus la compétence de résolution de problèmes.

L'étude de Nussbaum et ses collègues (2015) avait pour objectif d'examiner l'effet de l'utilisation du jeu de simulation intitulé « Losing the Lake » sur l'apprentissage des élèves étasuniens et leur intérêt à l'égard du changement climatique. Un groupe expérimental a manipulé le jeu de simulation alors qu'un groupe contrôle a visionné un microsite de géologie. Cette recherche a mis en évidence l'effet positif du jeu de simulation sur l'apprentissage des concepts d'économie d'eau à la maison et de l'effet de serre et l'intérêt des élèves de 1^{ère} année du secondaire. Cependant, cette étude s'est focalisée sur l'apprentissage de concepts liés au changement climatique et non pas au développement de la compétence de résolution de problèmes. De plus, elle s'est limitée aux élèves du secondaire.

En somme, au cours des dernières années, de nombreux jeux sérieux à thématique environnementale ont été conçus et ont pour objectif de sensibiliser les apprenants à différentes problématiques environnementales. Les écrits dans la littérature scientifique ont démontré également l'impact positif des jeux sérieux sur la motivation des élèves. De plus, de nombreuses études ont révélé l'effet positif des jeux sérieux sur l'apprentissage et la compétence de résolution

de problèmes chez les élèves. Dans la section suivante, nous présenterons le concept de la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental.

2.2 La compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental

Dans cette deuxième section du chapitre, il sera question d'explorer le concept de la compétence de résolution de problèmes, qui est d'ailleurs la première variable dépendante de l'étude. Ainsi, la compétence transversale de résolution de problèmes sera d'abord définie. Puis, le modèle cyclique de résolution de problèmes élaboré par Higgins (1994) sera présenté. Ensuite, la compétence de résolution de problèmes sera définie selon les exigences du PFEQ, particulièrement au niveau de l'enseignement des sciences et technologie. Finalement, cette compétence sera abordée sous l'angle environnemental. Cette section s'achèvera par un survol des recherches afin de présenter certains outils utilisés pour mesurer cette compétence ainsi que les résultats obtenus par ce type de recherche.

2.2.1 La compétence transversale

Le programme de formation de l'école québécoise (Gouvernement du Québec, 2006) s'articule autour de compétences disciplinaires et compétences transversales pouvant s'appliquer dans les différents domaines d'apprentissage. Les compétences transversales correspondent à des « savoir-agir fondés sur la mobilisation et l'utilisation efficace d'un ensemble de ressources » (Gouvernement du Québec, 2006, p.12). En raison de leur caractère générique, les compétences transversales permettent de consolider les connaissances apprises et les réinvestir dans des situations contextualisées.

Le Programme de formation de l'école québécoise (Gouvernement du Québec, 2006, p.13) est composé de neuf compétences transversales réparties en quatre ordres :

- les compétences d'ordre intellectuel : *exploiter l'information, résoudre des problèmes, exercer son jugement critique, mettre en œuvre sa pensée créatrice ;*
- les compétences d'ordre méthodologique : *se donner des méthodes de travail efficaces, exploiter les technologies de l'information et de la communication ;*
- les compétences d'ordre personnel et social : *structurer son identité, coopérer ;* et
- la compétence d'ordre communicationnel : *communiquer de façon appropriée.*

Cette recherche se penche spécifiquement sur la compétence de résolution de problèmes. Le choix de cette compétence paraît évident puisque la résolution de problèmes est considérée comme l'une des principales compétences clés du 21^e siècle (Levy et Murnane, 2004). Selon le National Research Council (2012, p. 2), les compétences du 21^e siècle sont regroupées en trois grands domaines : cognitif, interpersonnel et intrapersonnel.

- Compétences du domaine cognitif liées à l'analyse, la pensée critique et à la résolution de problèmes considérées comme les principaux vecteurs de réussite.
- Compétences dans le domaine interpersonnel tel le travail d'équipe, l'empathie, la résolution de conflits et la collaboration.
- Compétences dans le secteur intrapersonnel telles l'autoévaluation, la métacognition, la persévérance et l'organisation.

D'après le PFEQ (Gouvernement du Québec, 2006, p. 18), « la situation-problème devient un outil pédagogique au service des apprentissages disciplinaires ». Le jeune apprenant doit être capable de définir les éléments qui posent un problème dans une situation relativement complexe. Grâce à des ressources internes et externes, il imagine plusieurs solutions et choisit celle qui lui paraît la plus pertinente pour résoudre le problème en question. Le processus de résolution de problèmes n'est pas linéaire puisque l'élève doit constamment faire des retours en arrière pour ajuster sa démarche ou pour choisir une autre solution plus efficace.

Le *Programme de formation de l'école québécoise* pour le primaire a cerné cinq composantes de la compétence de résolution de problèmes : 1) *Analyser les éléments de la situation*, 2) *Imaginer des pistes de solution*, 3) *Mettre à l'essai des pistes de solution*, 4) *Adopter un fonctionnement souple*, 5) *Évaluer sa démarche* (Gouvernement du Québec, 2006, p. 19).

Le tableau récapitulatif suivant basé sur le PFEQ présente les quatre composantes de la compétence transversale « Résoudre des problèmes » et les précise.

Tableau 2.2 Composantes de la compétence transversale « Résoudre des problèmes »
(Gouvernement du Québec, 2006, p.19)

Composantes	Description
Analyser les éléments de la situation.	Cerner le contexte, en percevoir les éléments déterminants et les liens qui les unissent. Reconnaître les ressemblances avec des situations semblables résolues antérieurement.
Imaginer des pistes de solution	Générer et inventorier des pistes de solution. En examiner la pertinence. En apprécier les exigences et les conséquences. Se représenter la situation-problème résolue.
Mettre à l'essai des pistes de solution	Choisir une piste de solution, la mettre en pratique et juger de son efficacité. Choisir et mettre à l'essai une autre piste, au besoin.
Adopter un fonctionnement souple	Reprendre les exercices précédents dans l'ordre ou le désordre autant de fois que nécessaire pour résoudre le problème.
Évaluer sa démarche	Effectuer un retour sur les étapes franchies. Dégager les éléments de réussite et analyser les difficultés rencontrées.

Le PFEQ reconnaît la nécessité de développer des compétences transversales qui se déploient dans différents domaines d'apprentissage. La compétence transversale d'ordre intellectuel « Résoudre des problèmes » requiert de l'élève d'analyser les éléments qui constituent un problème dans une situation relativement complexe, à imaginer plusieurs solutions possibles et à choisir celle qui lui apparaît la plus pertinente. Au cours du processus de résolution de problèmes, l'élève justifie ses choix et évalue en continu sa démarche. Higgens (1994) propose une démarche similaire de résolution de problèmes. Celle-ci sera détaillée dans la sous-section suivante.

2.2.2 La compétence de résolution de problèmes selon Higgens

Higgens (1994) a proposé, dans son livre d'idées pour les entreprises, un modèle cyclique créatif de résolution de problèmes composé de huit étapes : *repérer un problème, poser le problème, générer des solutions, évaluer les solutions, choisir une solution, planifier la solution choisie, mettre en œuvre la solution choisie, évaluer l'action*. Ces étapes sont explicitées dans le Tableau 2.3.

Tableau 2.3 *Étapes de résolution de problèmes selon le modèle de Higgins (1994)*

Étapes	Description
1- Repérer un problème	L'élève explore le problème en observant un lieu, recherchant des informations... Afin qu'une situation soit interprétée comme un problème, elle doit créer une certaine tension ou difficulté chez l'individu.
2- Poser le problème	L'individu est invité à interpréter la situation-problème avec ses propres mots, réarranger l'information collectée, reformuler le problème d'une façon répétitive, se représenter des objectifs à atteindre et identifier les obstacles à l'action (Stoyanova, 2000). Selon Proulx (1999), poser le problème implique de rechercher et d'assimiler des informations reliées au problème et d'élaborer une représentation mentale de la situation-problème sous forme d'une séquence de mots ou visuelle sous forme de dessins, croquis ou prises de notes. À ce stade, la personne se pose de multiples questions afin de se familiariser avec le problème en question (ex: Que s'est-il passé? Qui est affecté? Comment cela s'est-il produit? Que pourrais-je faire pour réussir?)
3- Générer des solutions	Cette étape consiste à proposer plusieurs solutions originales et pertinentes pour résoudre le problème. Pour la plupart des personnes, la créativité atteint son niveau le plus élevé à ce stade. Générer des solutions est un processus rationnel et intuitif. Il s'avère très important que les apprenants puissent échanger et dialoguer avec leur pair afin d'améliorer leurs suggestions.
4- Évaluer les solutions	Afin de choisir la meilleure solution possible, il est primordial de déterminer les conséquences possibles de chaque solution formulée.
5- Choisir une solution	Après avoir évalué les différentes solutions, l'individu choisit celle qui est la plus pertinente pour résoudre le problème. Le choix d'une solution est principalement d'ordre rationnel. Cependant, plusieurs décideurs compétents s'appuient aussi sur leur intuition, notamment pour les problèmes complexes.
6- Planifier la solution choisie	Une fois la solution choisie, la planification de la démarche à adopter pour son application est fondamentale.
7- Mettre en œuvre la solution choisie	À la suite de la conception du plan d'action, l'application de la solution est alors possible. Cette étape exige une attention particulière aux détails et une anticipation et dépassement d'obstacles à l'action.
8- Évaluer l'action	La dernière étape du processus créatif de résolution de problèmes se résume à l'évaluation des résultats. Il est important à ce stade d'être capable de reconnaître les limites des solutions choisies et se poser de nombreuses questions : Est-ce que l'action a résolu le problème? Y a-t-il des étapes que nous aurions dû prévoir et qui ont été omises? Si oui, lesquelles?

Les représentations de l'individu sont souvent incomplètes. Recueillir de nouvelles informations, analyser le problème et tester de nombreuses solutions aident l'élève à modifier, ajuster et affiner les différentes étapes de sa démarche de résolution de problèmes. Même lorsque le problème a été résolu, revenir à sa conception initiale a le potentiel d'aider l'élève à trouver une meilleure solution.

En somme, la résolution de problèmes consiste à chercher un moyen de réduire l'écart entre une situation qui n'est pas satisfaite et une situation désirée (Proulx, 1999). Higgins (1994) a proposé un modèle cyclique de résolution de problème formé de huit étapes : a) repérer un problème, b) poser le problème, c) proposer des solutions, d) évaluer les solutions, e) choisir une solution, f) planifier la solution, g) appliquer la solution et h) évaluer la solution. Dans la sous-section suivante, nous examinerons la définition de la compétence de résolution de problèmes telle évoquée dans le PFEQ.

2.2.3 La compétence de résolution de problèmes selon le *Programme de Formation de l'École Québécoise* (PFEQ)

2.2.3.1 Le sens général de la compétence

Étant donné qu'aucune définition fixe du concept de compétence n'a encore été évoquée dans la revue de la littérature (Jonnaert *et al.*, 2007, p. 197; Legendre, 2002), la définition énoncée dans le *Programme de Formation de l'école québécoise* (PFEQ) sera retenue dans ce projet : « un savoir-agir fondé sur la mobilisation et l'utilisation efficaces d'un ensemble de ressources » (Gouvernement du Québec, 2006, p. 4). Nous la retenons en raison de l'importance de lier nos activités de recherche en fonction de ce qui existe déjà dans les écoles et de l'importance pour les enseignants et enseignantes qui accepteront de participer à notre recherche de mener des activités qui sont en cohérence avec leur travail. Cette définition est composée de trois facteurs essentiels, soit le *savoir-agir*, les *ressources*, et la *mobilisation et l'utilisation efficaces des ressources*. D'après le PFEQ (Gouvernement du Québec, 2006, p. 5), le savoir-agir implique le recours à des ressources variées afin de résoudre des tâches finales complexes. Au cours du processus d'apprentissage, l'élève peut avoir recours à différentes ressources internes (habiletés, expériences, valeurs) et externes (enseignants, livres, technologies de l'information et de la communication (TIC)) (Tardif, 2006). La mobilisation et l'utilisation efficaces de ... supposent « une appropriation et une utilisation intentionnelle de contenus notionnelles et d'habiletés tant intellectuelles que

sociales » (Gouvernement du Québec, 2006, p. 5). La mobilisation et l'utilisation efficace des ressources impliquent que l'apprenant fasse appel aux différentes ressources internes et externes mises à sa disposition afin de pouvoir apporter une réponse appropriée à une question ou une solution adéquate à un problème. La sous-section suivante examinera le sens de la compétence de résolution de problèmes, spécifiquement dans le domaine de la science et technologie.

2.2.3.2 La compétence de résolution de problèmes en science et technologie

Nous pouvons retrouver dans le PFEQ pour les élèves du deuxième et troisième cycle du primaire (Gouvernement du Québec, 2006) deux paragraphes explicitant le sens de la compétence 1 « Proposer des explications ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique ». Trois aspects y sont développés : *les situations d'apprentissage*, *le processus de résolution de problèmes* et *les ressources à mobiliser*. Ces différents éléments sont décrits dans le Tableau 2.4.

Tableau 2.4 *Aspects de la compétence de résolution de problèmes en science et technologie (Gouvernement du Québec, 2006)*

Aspects	Description
Situations d'apprentissage	Dans l'objectif de développer la compétence de résolution de problèmes d'ordre scientifique et technologique, « les situations d'apprentissage doivent être issues de situations de la vie quotidienne et peuvent déboucher sur des problèmes relativement simples ou s'inscrire dans le cadre de problématiques plus vastes et souvent plus complexes » (Gouvernement du Québec, 2006, p.150).
Processus de résolution de problèmes	Afin de pouvoir proposer des explications ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique et technologique, l'apprenant est amené à se poser de multiples questions. L'élève doit faire preuve d'ouverture d'esprit et de créativité pour pouvoir identifier des problèmes pertinents. En vue de fournir des solutions à des problèmes scientifiques, l'élève doit être capable « d'explorer divers aspects de son environnement, d'interroger la nature à l'aide de stratégies d'exploration appropriées, de recueillir des données pertinentes et de les analyser » (Gouvernement du Québec, 2006, p.150).
Ressources à mobiliser	Différentes ressources à mobiliser sont évoquées dans le PFEQ, notamment les <i>repères culturels</i> , <i>connaissances</i> , <i>concepts</i> et <i>stratégies d'exploration</i> , <i>d'instrumentation</i> et de <i>communication</i> propres au domaine de la science et de la technologie (Gouvernement du Québec, 2006, p.156). (Gouvernement du Québec, 2006, p.34).

Le PFEQ du primaire distingue trois composantes de la première compétence : 1) *Identifier un problème ou cerner une problématique*, 2) *Recourir à des stratégies d'exploration variées*, 3) *Évaluer sa démarche* (Gouvernement du Québec, 2006). Par conséquent, quatre critères d'évaluation sont inspirés de ces composantes : 1) *Description adéquate du problème ou de la problématique d'un point de vue scientifique ou technologique*, 2) *Utilisation d'une démarche appropriée à la nature du problème ou de la problématique*, 3) *Élaboration d'explications pertinentes ou de solutions réalistes*, 4) *Justification des explications ou des solutions* (Gouvernement du Québec, 2006). Ces quatre critères permettent d'évaluer la première compétence « Proposer des explications ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique ». Ils sont accompagnés de deux paragraphes décrivant les « attentes de fin de cycle », c'est-à-dire ce qui est attendu de l'élève à la fin du 2^e et 3^e cycle du primaire.

En somme, pour parvenir à proposer des explications ou solutions à des problèmes d'ordre scientifique et technologique, l'élève doit d'abord se questionner et identifier une problématique appropriée. Ensuite, il doit avoir recours à différentes sources d'information et à l'aide de ses pairs ou de son enseignant.e afin de trouver des idées, des explications ou des solutions pertinentes au problème proposé. Il choisit par la suite une solution pertinente, la met en œuvre et en évalue les résultats. La sous-section suivante exposera la compétence de résolution de problèmes dans son contexte environnemental.

2.2.3.3 La compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental

Selon Pruneau et ses collègues (2007), la résolution de problèmes en contexte environnemental est un processus cyclique d'allers-retours entre l'espace problème, l'espace solution et l'espace action. D'abord, l'élève identifie et intègre un problème; il s'interroge, enquête et pose le problème dans ses différents aspects : sources, causes, conséquences, acteurs et obstacles à l'action. Puis, il formule et teste diverses solutions afin d'en adopter une éventuellement. Ensuite, il planifie son action et applique par la suite la solution choisie. Finalement, il évalue sa démarche d'apprentissage. Puisque les problèmes environnementaux sont généralement de nature complexe, les étapes de résolution de problèmes sont rarement linéaires. En fait, si l'apprenant découvre de nouveaux aspects du problème, il retourne dans l'espace-problème pour reformuler son problème.

Si l'élève trouve peu de solutions, il pose de nouveau le problème. Si la solution choisie est difficilement réalisable, il est amené à chercher des solutions alternatives pour résoudre le problème. Le processus d'apprentissage se situe dans un espace métacognitif car l'apprenant réfléchit et ajuste en continu sa façon de faire. La figure 2.2 résume le processus de résolution de problèmes environnementaux (Pruneau *et al.*, 2007).

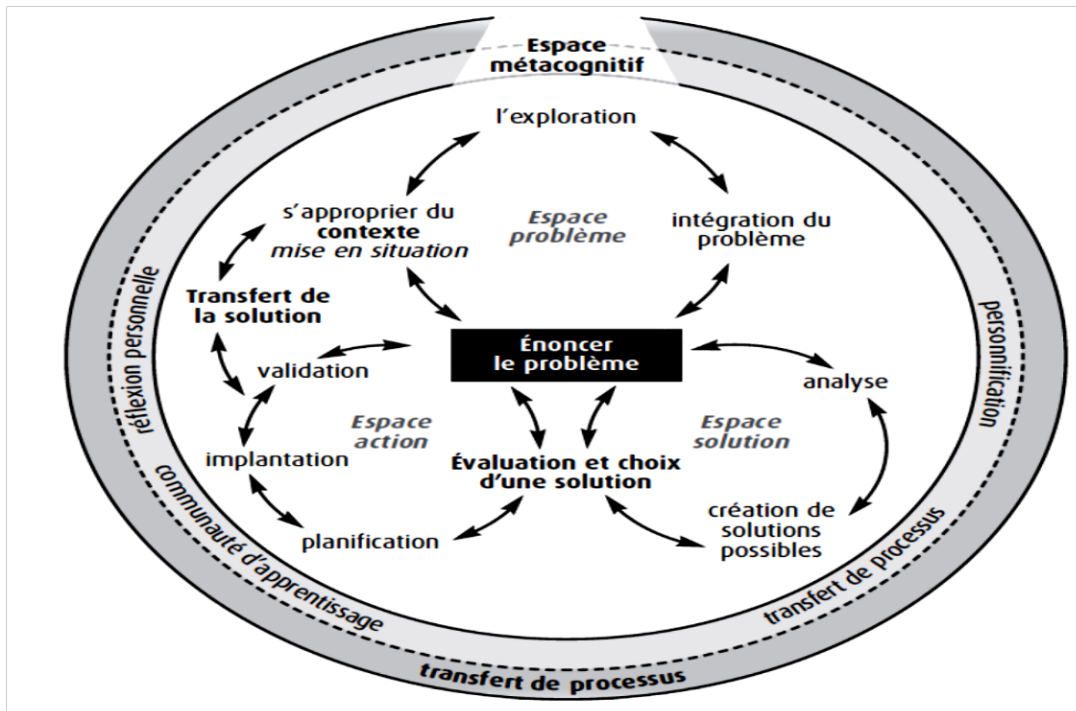


Figure 2.2 Processus de résolution de problèmes selon Pruneau et ses collègues (2007)

Boutet et ses collègues (2016) ont tenté d'étudier l'effet de l'application d'une démarche de résolution de problèmes environnementaux similaire à celle de Pruneau et ses collègues auprès d'une classe de primaire, secondaire et de formation professionnelle dans la République de Guinée. Leur recherche visait à déterminer si la participation des élèves à une démarche de résolution de problèmes leur permettait de mobiliser des connaissances, de stimuler leur intérêt face aux enjeux environnementaux telle la qualité de l'eau dans la capitale Conakry et d'augmenter leur désir d'agir en matière d'environnement. Cette recherche a eu un impact positif sur l'intérêt des élèves pour les enjeux environnementaux et leur désir de passer à l'action. Cependant, les auteurs ont fait ressortir

certaines limites à l'étude comme le manque d'accès à des ressources documentaires et de formation des enseignants aux problèmes environnementaux.

Afin d'évaluer la capacité à résoudre des problèmes, Wuttke et Wolf (2015) ont développé l'instrument MAPS (*Measurement and Assessment of Problem Solving*). Cet instrument comporte quatre critères d'évaluation, à savoir : a) *analyse de la situation initiale*, b) *définition d'objectifs*, c) *développement de stratégies ou mesures visant à la résolution de problèmes*, d) *contrôle des actions envisagées afin de vérifier l'adéquation de la solution choisie*. Cependant, la validité et la fidélité de l'instrument MAPS n'ont pas été confirmées. De plus, cet instrument ne permet pas d'évaluer la compétence de résolution de problèmes, particulièrement en science et technologie, dans le contexte québécois.

Le processus de résolution de problèmes environnementaux suggéré par Pruneau et ses collègues (2007) se résume aux étapes suivantes : a) explorer un problème, b) poser le problème, c) rechercher des solutions pertinentes, d) évaluer les diverses solutions et choisir la solution optimale, e) mettre au point un plan d'action, f) le mettre en œuvre et g) évaluer la solution adoptée. La recherche de Boutet (2016) a pu engendrer des résultats positifs au niveau de l'intérêt des élèves pour les enjeux écologiques et leur désir d'agir à la suite de leur participation à une démarche de résolution de problèmes environnementaux. Dans la section suivante, nous aborderons d'une façon détaillée le concept de motivation en contexte scolaire.

2.3 La motivation en contexte scolaire

Dans cette troisième section du chapitre, il sera question d'explorer le concept de motivation en contexte scolaire, qui est d'ailleurs la deuxième variable dépendante de l'étude. Afin de mieux comprendre ce concept, les notions d'intérêt et d'attitude seront d'abord comparées à celle de la motivation afin d'en dégager les similitudes ou différences. Puis, le concept de motivation en contexte scolaire sera défini tout en présentant les sources et les indicateurs de motivation. Ensuite, la théorie de l'autodétermination sur laquelle cette étude prend appui sera expliquée. Les facteurs ayant une influence sur la motivation des élèves, particulièrement en ST, seront exposés par la suite. Un survol des recherches empiriques présentera certains outils utilisés pour mesurer la

motivation auprès des élèves. Finalement, nous tenterons de mettre en lumière une possible relation entre la compétence de résolution de problèmes et la motivation en milieu scolaire.

2.3.1 Distinction entre l'intérêt, l'attitude et la motivation

Potvin et Hasni (2014) ont réalisé une analyse de plus de 228 articles scientifiques se centrant autour des concepts d'intérêt, d'attitude et de motivation. Les auteurs ont pu dénombrer 63 articles se rapportant au concept d'intérêt à l'égard des ST. Cependant, aucun article n'a pu définir clairement ce concept. Certains auteurs ont pu le définir tel une préférence pour un domaine spécifique se rapportant à la relation entre les personnes et les objets (Potvin et Hasni, 2014). Selon Legendre (2005), l'intérêt contribue à favoriser l'attention et la curiosité de l'élève et à le pousser à s'engager d'une manière active dans son apprentissage. L'intérêt constitue également un élément clé dans le choix d'une carrière (Koszalka, 2002). Les chercheurs Hagay et Baram-Tsabari (2011) considèrent l'intérêt comme une forme de motivation intrinsèque. Quant au concept d'attitude, il regroupe le concept d'intérêt étant donné son orientation vers un objet en particulier (Osborne *et al.*, 2003). La motivation et l'intérêt à apprendre les sciences constituent deux indicateurs de l'attitude relative aux sciences à l'école. L'attitude fait appel à trois composantes : une composante *cognitive* englobant les connaissances que nous possédons sur l'objet de l'attitude, une composante *affective* incluant les sentiments éprouvés à l'issue de l'objet et finalement, une composante *comportementale* faisant référence à des intentions d'action éveillées par l'objet (Potvin et Hasni, 2014, p. 11).

Toutefois, dans le concept de motivation, nous retrouvons l'idée d'un but ou d'un objectif à atteindre, d'origine intrinsèque ou extrinsèque, orientant le comportement (Changeiywo *et al.*, 2011). Cependant, la motivation à apprendre n'a pas toujours comme visée la réussite ou l'atteinte d'un objectif précis (Brophy, 1999). À titre d'exemple, un élève peut être motivé à présenter oralement son projet de sciences, simplement pour le plaisir qui en découle. Cette motivation est dite intrinsèque dans la mesure où elle nécessite de l'intérêt pour l'activité ou pour l'objet d'apprentissage. Velayutham et ses collègues (2011) définissent la motivation tel « un état interne qui éveille, dirige et soutient le comportement orienté vers un but ».

Pour conclure, il s'avère difficile de distinguer les différences entre les concepts d'intérêt, d'attitude et de motivation. Cependant, puisque les notions d'intérêt et d'attitude n'évoquent pas

l'idée d'atteinte d'un but précis, nous nous pencherons particulièrement, dans cette étude, sur le concept de motivation en contexte scolaire.

2.3.2 La motivation en contexte scolaire et la théorie de l'autodétermination

2.3.2.1 Définition de la motivation en contexte scolaire

Les écrits dans la littérature scientifique nous montrent que le concept de motivation est l'élément central de plusieurs activités humaines. En fait, la motivation dans le domaine de l'éducation demeure le concept le plus étudié (Deci et Ryan, 1985; Ndinga, 2004; Viau, 1994). Selon Scallon (1992), la motivation est considérée comme une variable « dépendante » puisqu'elle peut avoir des effets sur d'autres éléments tels que le rendement scolaire ou la performance.

Selon Legendre (1988, p. 388), « la motivation est un ensemble de désir et de volonté qui pousse une personne à accomplir une tâche ou à viser un objectif qui correspond à un besoin ». Pour De Landsheere (1992), « la motivation est un ensemble de phénomènes dont dépend la stimulation à agir pour atteindre un objectif déterminé ». Ces deux auteurs se focalisent sur une certaine pulsion qui génère l'action.

Inspirés par les recherches initiales élaborées par Zimmerman (1990) et Pintrich et Schrauben (1992), Viau (1994, p.7) définit la motivation en contexte scolaire comme « un état dynamique qui a ses origines dans les perceptions qu'un élève a de lui-même et de son environnement et qui l'incite à choisir une activité, à s'y engager et à persévérer dans son accomplissement afin d'atteindre un but ». Cette définition de la motivation scolaire sera retenue aux fins de notre étude. Selon Viau, les perceptions de la valeur d'une activité d'apprentissage par l'élève (*Est-ce que l'activité d'apprentissage est intéressante et utile?*), de sa compétence (*Est-ce que je suis capable de réaliser cette activité?*) et de sa contrôlabilité face à la tâche proposée (*Est-ce que je peux influencer sur le déroulement de l'activité?*) influencent son choix de s'engager dans la tâche, de persévérer et par conséquent de réussir. La figure 2.3 schématise le modèle de motivation scolaire selon Viau (1994).

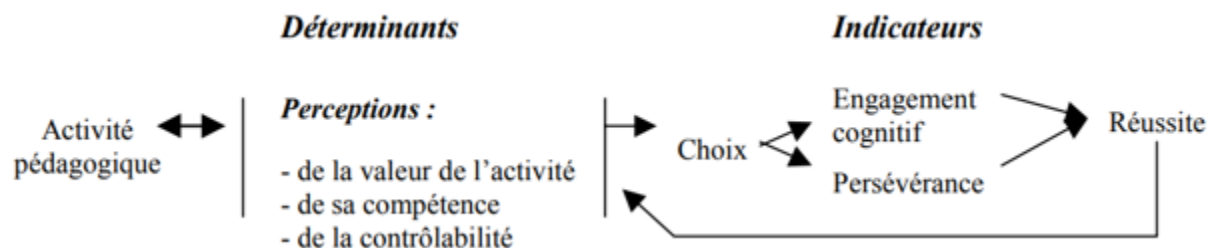


Figure 2.3 La dynamique motivationnelle de Viau (1994)

Selon Viau (1994), les trois déterminants de la motivation, tels qu'illustrés dans la figure 2.3, sont les perceptions de l'individu : a) *de la valeur de l'activité pédagogique*, b) *de sa compétence* et c) *de la contrôlabilité*.

La perception de la valeur d'une activité d'apprentissage se traduit par le niveau d'intérêt de l'élève pour la tâche en question ainsi que l'utilité qu'il pourra en retirer (MELS, 2007).

La perception de l'élève de sa compétence est définie par Bandura (2003, p. 12) comme la « croyance de l'individu en sa capacité d'organiser et d'exécuter la ligne de conduite requise pour produire des résultats souhaités ». En d'autres termes, c'est la perception que l'élève possède sur sa capacité à réussir l'activité d'apprentissage.

Selon Viau (1994), *la perception de contrôlabilité* désigne le degré de contrôle qu'un jeune apprenant croit détenir sur le déroulement d'une activité d'apprentissage. Ainsi, l'élève qui est amené à faire plusieurs choix dans son apprentissage a tendance à avoir une perception de contrôlabilité plus élevée. Tandis que celui qui n'a pas l'opportunité de faire des choix a tendance à avoir une perception de contrôlabilité plus faible. Les quatre principaux indicateurs de la motivation scolaire tels qu'illustrés dans la figure 2.3 sont : *le choix de s'engager, la persévérance, l'engagement* et *la performance* (Viau, 1994). Contrairement aux sources de motivation qui déterminent le niveau de motivation de l'élève, les indicateurs sont les conséquences de la motivation.

Choix de s'engager

Un élève a le choix de s'engager dans une activité en ayant recours à de nombreuses stratégies d'apprentissage. Le jeune apprenant peut également adopter des comportements d'évitement face à cette activité telles que poser des questions inutiles, se déplacer à plusieurs reprises pour tailler le crayon ou interrompre sans cesse l'explication de l'enseignant.e (Viau, 1994; Chouinard *et al.*, 2006).

La persévérance

Un élève fait preuve de persévérance lorsqu'il prend le temps nécessaire pour effectuer ses devoirs, réviser le cours donné et se préparer au cours suivant. La persévérance est considérée comme un critère de réussite; plus un élève persévère et fournit des efforts dans une activité, plus il a des chances de réussir.

L'engagement

L'engagement chez les élèves motivés se marque par l'utilisation de stratégies d'apprentissage telles que les stratégies de mémorisation (répétition de concepts) ou d'élaboration (ex : faire des liens entre les concepts étudiés, justifier un concept), d'autorégulation comme les stratégies métacognitives (ex : planification des activités) ou de gestion (ex : organisation de travail) et les stratégies motivationnelles (ex : se fixer des objectifs, s'attribuer des récompenses en fin de travail) (Viau, 1994).

La performance

Un élève motivé a tendance à faire le choix de s'engager dans une tâche d'apprentissage, de persévérer et d'utiliser de nombreuses stratégies d'apprentissage, ceci contribue à améliorer sa réussite.

En somme, la définition de Viau (1994) implique qu'un élève qui perçoit la valeur d'une activité d'apprentissage, se sent compétent et détient une certaine responsabilité dans le déroulement de la tâche a tendance à s'investir, persévérer davantage et à mieux performer conséquemment. Afin d'avoir une compréhension accrue de la motivation en contexte scolaire, la théorie de l'autodétermination sera explicitée dans la sous-section suivante.

2.3.2.2 La théorie de l'autodétermination

Différentes théories de la motivation ont été proposées pour étudier le comportement humain en éducation. Les plus connues sont la théorie béhavioriste (De Landsheere, 1992; Forget, 1993), la théorie de la motivation incitative (Forget, 1993), la théorie de l'évaluation cognitive (Deci et Ryan, 1985; Pelletier et Vallerand, 1993), la théorie de la compétence (Pelletier et Vallerand, 1993) et la théorie de l'autodétermination (Deci et Ryan, 1985; Pelletier et Vallerand, 1993).

Nous nous intéresserons, dans cette étude, à la théorie de l'autodétermination développée par Deci et Ryan (1985) puisqu'elle se fonde sur le degré d'autonomie et de persévérance auxquels doit fait preuve un individu pour exécuter une tâche et ceci sans aucune influence externe. Contrairement à la plupart des écrits dans la littérature scientifique qui considèrent la motivation comme un seul concept global, la théorie de l'autodétermination distingue différents types de motivation se situant sur un continuum (Deci et Ryan, 2008). Ainsi, d'après cette théorie, ce n'est pas la quantité de motivation qui importe dans la réalisation de l'activité mais plutôt le type de motivation. Afin de se bien se développer et être en bonne forme, trois besoins psychologiques essentiels doivent être satisfaits : *besoin d'autonomie*, *besoin de compétence* et *besoin d'appartenance* (Viau, 1994) (tableau 2.5). Un environnement qui répond aux besoins de l'individu produit des formes de motivation plus positives ou autodéterminées, tandis qu'un environnement qui ne satisfait pas à ces besoins et qui s'appuie sur des récompenses ou punitions a pour conséquence d'atténuer la motivation de l'individu (Deci et Ryan, 2008).

Tableau 2.5 *Besoins psychologiques fondamentaux à la motivation de l'individu selon Viau (1994)*

Besoins psychologiques	Description
Besoin d'autonomie	Se sentir libre de faire ses propres choix sans aucun contrôle extérieur.
Besoin de compétence	Se sentir capable de bien réaliser des tâches, relever des défis et développer ses capacités.
Besoin d'appartenance	Faire partie d'un groupe, entretenir des relations sécurisantes et satisfaisantes avec son entourage.

Jadis définie de façon dichotomique (motivation intrinsèque vs motivation extrinsèque), la théorie de l'autodétermination distingue désormais sur un continuum, du plus élevé au plus faible, quatre niveaux de motivation : motivation intrinsèque, motivation extrinsèque autodéterminée, motivation extrinsèque non autodéterminée et amotivation (Vallerand et O'Connor, 1991).

La motivation intrinsèque consiste à réaliser une activité pour le plaisir et la satisfaction que la personne pourra en retirer, sans attendre des récompenses matérielles. Par exemple, un élève qui choisit de participer à un concours de sciences parce qu'il trouve cela intéressant. La motivation extrinsèque autodéterminée désigne l'accomplissement d'une activité d'une façon autodéterminée mais à des fins instrumentales; à titre d'exemple, une personne choisit d'effectuer des exercices supplémentaires dans un cours de sciences pour avoir un meilleur rendement dans cette matière. La motivation extrinsèque non autodéterminée correspond à la réalisation d'une activité sous le contrôle de stimuli externes; dans ce cas, l'élève ne s'autorégule pas. Par exemple, un apprenant fait ses devoirs de maison par crainte d'être puni par ses parents ou l'enseignant.e. Finalement, l'amotivation désigne l'absence de motivation intrinsèque et extrinsèque; l'individu n'arrive plus à percevoir la relation entre ses actions et les résultats obtenus; il en ressent alors une perte de contrôle. Les définitions présentées ci-dessus sont tirées des travaux de Vallerand et O'Connor (1991). La figure 2.4 présente le modèle de la théorie d'autodétermination inspiré des travaux de Deci et Ryan (1985).

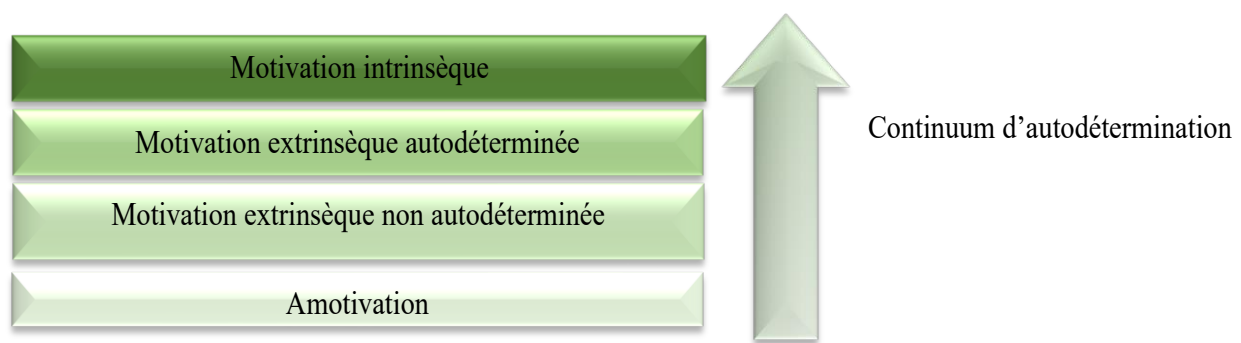


Figure 2.4 *Modèle de la théorie d'autodétermination inspiré de la théorie de Deci et Ryan (1985)*

En somme, la théorie de l'autodétermination prend appui sur la prémisse que tout individu doit répondre à trois besoins fondamentaux, soit le besoin d'*autonomie*, de *compétence* et de *relations humaines* afin de pouvoir s'épanouir. Plus la motivation est autonome et de nature

intrinsèque, plus les élèves sont persévérants et performants. Cependant, une motivation non autodéterminée ou contrôlée (motivation extrinsèque, amotivation) a pour conséquence de réduire la performance de l'élève pouvant même aller jusqu'au décrochage scolaire (Vallerand, 2012). Dans la sous-section suivante, nous tenterons de présenter les principaux facteurs pouvant influencer sur la motivation des élèves à l'égard des ST.

2.3.3 Facteurs influençant la motivation des élèves à apprendre les ST en classe

De nombreux facteurs extrinsèques telles que les pratiques pédagogiques, le niveau d'engagement en classe, les influences parentales et l'environnement scolaire peuvent influencer sur la motivation des élèves à apprendre les ST en classe. Tout d'abord, la manière dont les sciences sont enseignées à l'école peut avoir un impact sur la motivation des élèves envers cette matière. En effet, selon Osborne et ses collègues (2003), la diminution de la motivation des élèves à l'égard des sciences serait étroitement liée à la façon dont est enseignée cette matière à l'école. Les pratiques pédagogiques traditionnelles adoptées par la plupart des enseignants telles que les cours magistraux ou la lecture de documents scientifiques pourraient expliquer ce déclin (Logan et Skamp, 2008).

Différentes recherches réalisées ont démontré que les défis proposés aux élèves, le rythme des cours donnés, la variété des stratégies d'enseignement adoptées, le niveau de soutien personnel et d'autonomie accordé aux élèves et l'opportunité de faire des choix pourraient influencer positivement la motivation des élèves à apprendre. Dans leurs travaux, Osborne et Collins (2000) affirment le désir des élèves d'avoir recours davantage à la démarche d'investigation, d'avoir accès à plus de travaux pratiques dans les cours de sciences et de prévoir plus de séances de discussion. Afin d'augmenter la motivation des élèves à l'égard des sciences, les éducateurs sont à la recherche continue de stratégies actives qui pourraient aider les élèves à apprendre. Les différentes recherches réalisées, dans le domaine de l'apprentissage, montrent que les élèves apprennent mieux lorsqu'ils jouent un rôle actif dans la construction de la connaissance (Roschelle *et al.*, 2001). Afin de stimuler les jeunes apprenants et les impliquer davantage dans le processus d'apprentissage, différentes approches actives, notamment la démarche d'investigation et résolution de problèmes, l'apprentissage par projet, l'augmentation du nombre de séances de laboratoire scientifique et de sorties sur le terrain devraient être adoptées par les enseignants. L'utilisation de la technologie

numérique en salle de classe pourrait être également un moyen pour favoriser l'apprentissage (Kelly *et al.*, 2007; Roschelle *et al.*, 2001).

Le niveau d'engagement en classe est considéré également comme un indicateur de motivation des élèves (Fredricks *et al.*, 2004). Selon Meece et ses collègues (1988), les apprenants qui se donnent des objectifs d'apprentissage à atteindre en sciences seraient plus engagés sur le plan cognitif que les autres. L'engagement de l'élève en classe se définit par son niveau d'implication dans le processus d'apprentissage, voire le degré d'effort fourni au cours de la réalisation de la tâche, sa persistance, sa concentration et sa participation continue aux discussions lancées en classe (Fredricks *et al.*, 2004).

Outre le niveau d'engagement en classe, le milieu familial constitue un facteur important influençant la motivation des élèves envers les sciences. En effet, différentes recherches ont mis en lumière l'impact qu'exercent les parents sur la motivation de leurs enfants en sciences (Schoon *et al.*, 2007). En effet, les enfants soutenus et encouragés en continu par leurs parents ont tendance à avoir une motivation intrinsèque. Ils se fixent des objectifs d'apprentissage à atteindre et font preuve de plus de persévérance et d'effort au cours de tâches complexes (Schunk *et al.*, 2008).

De nombreuses caractéristiques propres à l'environnement scolaire, à savoir les objectifs visés et les valeurs enseignées aux écoles sont susceptibles également de développer la motivation des élèves à apprendre (Maehr et Anderman, 1993, p. 596). Les élèves ont tendance à avoir une attitude positive envers les sciences lorsqu'ils travaillent sur des projets pertinents et signifiants pour eux. L'attitude des pairs envers la science aurait également une influence sur la motivation (Osborne *et al.*, 2003).

De plus, des facteurs intrinsèques tels que le genre, l'âge et le sentiment d'autoefficacité sont susceptibles d'avoir une influence sur la motivation des élèves. En effet, différentes études ont révélé que le genre constitue un facteur primordial dans l'intérêt des élèves envers les sciences (Gardner, 1975). Apparemment, les garçons ont des perceptions plus positives envers les sciences que les filles (Jones *et al.*, 2000). L'étude réalisée par Trumper (2006) démontre que les garçons ont tendance à préférer la physique alors que les filles sont plus orientées vers des études en

biologie. Selon Jones et Erick (2007), l'intérêt pour les sciences s'affaiblit au cours du passage du primaire vers le secondaire. Schunk et ses collègues (2014) considèrent le sentiment d'autoefficacité comme étant l'un des facteurs essentiels de la motivation. Le sentiment d'autoefficacité désigne la croyance de l'individu en sa capacité d'accomplir une activité d'apprentissage ou de relever un défi. Le sentiment d'autoefficacité influe sur le choix de l'individu de réaliser une activité d'apprentissage, d'y persévérer et de réussir. Selon Andrew (1998), le sentiment d'autoefficacité au niveau collégial a un effet sur la réussite scolaire et l'orientation vers des études universitaires, notamment en sciences.

Somme toute, plusieurs facteurs extrinsèques et intrinsèques peuvent avoir un effet significatif sur la motivation des élèves à l'égard des ST, notamment les enseignant.e.s, la façon d'enseigner les sciences, les ressources pédagogiques utilisées, l'influence des amis et des parents et le sentiment d'autoefficacité des élèves. La sous-section qui suit? présentera certains outils utilisés pour sonder la motivation des élèves.

2.3.4 Portrait de recherche de la motivation des élèves envers la science

Vallerand et ses collègues (1989) ont élaboré un instrument de mesure de la motivation en éducation : *l'Échelle de Motivation en Éducation* (ÉMÉ). Cet outil est inspiré de la théorie de l'autodétermination explicitée par Deci et Ryan (1985) et est formé de 28 items répartis en 7 sous-échelles mesurant trois types de motivation intrinsèque (*motivation intrinsèque à la connaissance, à l'accomplissement et aux sensations*), trois genres de motivation extrinsèque (*régulation externe, introjectée et identifiée*) et l'*amotivation*. Pour l'échelle du primaire, seuls quatre construits sont mesurés dans le questionnaire : *la motivation intrinsèque, la motivation extrinsèque autodéterminée la motivation extrinsèque non autodéterminée* et le concept d'*amotivation*. En outre, trois situations relatives à l'apprentissage à l'école sont formulées; pour chaque situation, les élèves doivent répondre aux quatre énoncés évoqués. Ce questionnaire de motivation est formé de 12 énoncés au total lesquels sont mesurés sur une échelle de Likert offrant cinq choix de réponses : 1 (*Presque jamais pour cette raison*), 2 (*Rarement pour cette raison*), 3 (*Généralement pour cette raison*), 4 (*Souvent pour cette raison*), 5 (*Presque toujours pour cette raison*). Les caractéristiques psychométriques de l'ÉMÉ ont été évaluées dans le cadre de trois études (Vallerand *et al.*, 1989). Les résultats de ces études soutiennent la validité et la fidélité de l'ÉMÉ. Cependant, notre

recherche vise à étudier particulièrement la motivation des élèves envers la science et la technologie. Ainsi, aux fins de cette étude, le « Science Motivation Questionnaire II » (SMQII) sera sélectionné.

Glynn et ses collègues (2011) ont élaboré le « Science Motivation Questionnaire II » (SMQII). Cet outil est largement utilisé dans la recherche sur la motivation en science. Il est formé de 25 items portant sur cinq composantes de la motivation : *la motivation intrinsèque*, *l'autodétermination*, *le sentiment d'autoefficacité* ainsi que *la motivation extrinsèque* se penchant sur deux éléments, soit avoir de bonnes notes et faire carrière en science (Glynn *et al.*, 2011). Les items relatifs à la motivation intrinsèque portent sur l'intérêt à apprendre les sciences et la valeur accordée aux sciences apprises à l'école (Exemple d'item : « Les connaissances en ST que j'apprends à l'école sont en lien avec ma vie »). L'autodétermination comporte des items sur les efforts déployés par l'élève et l'utilisation de stratégies pour apprendre les sciences (exemple d'item : « J'utilise des stratégies pour apprendre les ST »). La composante de l'autoefficacité explore le sentiment de confiance et de compétence envers les sciences (Exemple d'item : « Je suis certaine que je suis capable de comprendre les ST »). Les composantes de la motivation extrinsèque comportent des items relatifs à l'importance d'avoir de bonnes notes en sciences (Ex d'item : « Il est important que j'obtienne la meilleure note possible en ST » et d'envisager une carrière ultérieure en sciences (Ex d'item : « Ma carrière future aura un lien avec les ST »).

Une étude réalisée par Glynn et ses collègues (2011) visait de comparer la motivation des étudiants universitaires à apprendre les sciences. 367 étudiants ayant choisi de faire des études en sciences et 313 étudiants n'ayant pas entrepris des études scientifiques ont complété le questionnaire SMQII. Celui-ci évaluait les cinq composantes motivationnelles, soit *la motivation intrinsèque*, *l'autodétermination*, *l'autoefficacité*, *la motivation à avoir de bonnes notes* et *la motivation à faire carrière en sciences*. Les résultats de la recherche ont révélé des scores plus élevés pour les étudiants ayant choisi d'entreprendre des études scientifiques, au niveau de toutes les composantes. De plus, il s'est avéré que les hommes sont dotés d'un sentiment d'autoefficacité plus élevé que les femmes. Cependant, ces dernières font preuve d'une plus grande autodétermination.

En somme, un survol des recherches empiriques a permis de présenter plusieurs outils utilisés pour mesurer la motivation des élèves comme l'échelle de Motivation en Éducation (ÉMÉ) ou le questionnaire de motivation envers les sciences (SMQII). Aux fins de cette étude, la motivation sera mesurée par les items du questionnaire SMQII puisque notre étude porte sur la science et technologie. Toutefois, le questionnaire SMQII sera adapté pour les élèves du primaire. La sous-section suivante tentera de démontrer de possibles liens entre les variables dépendantes de l'étude, soit la compétence de résolution de problèmes et la motivation.

2.3.5 De possibles liens entre la compétence de résolution de problèmes et la motivation

Selon Marzano et ses collègues (1992), cinq types de tâches peuvent être utilisées en enseignement et sont susceptibles de rendre l'apprentissage signifiant et motivant pour l'élève : *la prise de décision - l'étude d'un phénomène - l'utilisation de la démarche scientifique - la résolution de problèmes et l'invention*. La résolution de problèmes, en particulier, se focalise sur l'acquisition et le traitement des connaissances. Tardif (1992) déclare que la résolution de problèmes est l'élément essentiel de l'enseignement et l'apprentissage dans la mesure où elle favorise l'acquisition, l'intégration et le transfert des connaissances.

L'apprentissage par résolution de problèmes est une pratique pédagogique qui pousse les élèves à relever plus de défis et d'avoir plus de contrôle sur les activités d'enseignement, ce qui se répercute positivement sur la motivation intrinsèque des élèves (Wilson et Corpus, 2005). Différentes études démontrent que l'une des principales attractions de l'apprentissage par problème est le développement de la motivation des élèves (Chapman, 2000). Selon Bouris et ses collègues (1998), les élèves du secondaire sont souvent démotivés en raison d'une perception négative des activités réalisées en classe, notamment lors de l'utilisation de méthodes traditionnelles. Des étudiants en médecine de Harvard qui suivaient le programme d'apprentissage par résolution de problèmes étaient plus susceptibles de décrire les années précliniques comme « engageantes, difficiles et utiles ». Tandis que ceux qui suivaient des cours magistraux décrivaient souvent leur expérience comme « inefficace, passive et ennuyante » (Albanese et Mitchell, 1993).

Un sondage comparant la participation et l'engagement des élèves apprenant par la méthode de résolution de problèmes et par la méthode traditionnelle a indiqué une relation positive entre

l'apprentissage par résolution de problèmes et la motivation des élèves à apprendre (Eck, 2000). De plus, une étude réalisée par Mackinnon (1999) a prouvé que la nature collaborative de l'approche par problème a le potentiel de favoriser l'estime de soi chez les apprenants, augmenter leur satisfaction et leur motivation à apprendre ainsi que réduire leur anxiété en salle de classe. Keziah (2010) a tenté, dans son étude, de comparer les effets de l'apprentissage par résolution de problèmes et de l'apprentissage traditionnel (lecture de documents) sur la motivation des étudiants, dans les écoles secondaires au Nigéria. Les résultats ont démontré que les élèves ayant suivi l'apprentissage par résolution de problèmes ont été davantage motivés à apprendre la biologie que ceux apprenant par la méthode traditionnelle. L'une des principales recommandations de l'auteur pour de futures recherches est d'avoir recours à l'apprentissage par résolution de problèmes afin de susciter la motivation des élèves.

La section suivante présentera quatre principales études réalisées sur l'influence des jeux sérieux sur l'apprentissage et la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental ainsi que sur la motivation des élèves.

2.4 Principales recherches dans le champ d'étude

Quatre principales études ont été identifiées portant sur l'effet des jeux sérieux sur la conscientisation environnementale, l'apprentissage et la résolution de problèmes ainsi que la motivation des élèves en science et technologie. Les sous-sections suivantes présenteront ces études afin de pouvoir finalement formuler deux hypothèses de recherche.

2.4.1 Deux études portant sur l'effet des jeux sérieux sur la conscientisation environnementale

La première recherche menée par Knol et de Vries (2011), de nature mixte, avait pour objectif d'étudier l'effet du jeu sérieux « EnerCities » sur la conscientisation environnementale des élèves et sur leurs attitudes face à la consommation énergétique. Dans ce jeu sérieux, le joueur doit développer une ville et établir l'équilibre entre la population, la planète et le profit. Ainsi, il doit mettre en œuvre des mesures d'économie d'énergie et de réduction d'utilisation de combustibles fossiles. L'étude de Knol et de Vries a été menée pour répondre aux questions suivantes :

- 1- À quel point les jeux sérieux sur l'énergie sont intégrés à l'école?
- 2- Quelles sont les impressions des élèves envers le jeu sérieux « EnerCities »?

- 3- Quel est l'effet du jeu « EnerCities » sur la conscientisation environnementale et énergétique des élèves?
- 4- Quelle est l'influence du jeu sérieux « EnerCities » sur les attitudes relatives à l'économie d'énergie ?

Pour répondre à ces questions, une étude qualitative et quantitative expérimentale a été élaborée au cours de la phase de déploiement du jeu « EnerCities » afin de comparer les différences de conscientisation environnementale aux enjeux d'énergie entre un groupe expérimental (élèves ayant joué au jeu) et un autre groupe de contrôle (élèves n'ayant pas joué au jeu). Dans ce contexte, des douzaines d'étudiants ont été invités à jouer et à évaluer le jeu « EnerCities » lors de la phase de déploiement du jeu sérieux. De plus, des questionnaires ont été rédigés en six langues (néerlandais, anglais, allemand, grec, slovène et espagnol) et rendus disponibles en ligne. Durant la période d'expérimentation, plus de 800 élèves du niveau secondaire, provenant de 5 pays européens ont rempli ces questionnaires en ligne.

Les observations émises, durant la phase de déploiement du jeu « EnerCities », indiquent que les jeux sérieux centrés sur le thème de l'économie d'énergie ou des énergies renouvelables sont rarement utilisés en salle de classe par les enseignants. Les résultats montrent que la plupart des élèves ont apprécié la thématique du jeu (construction de la ville ainsi que l'équilibre entre la population, le profit et la planète), son caractère ludique et le défi proposé. Les élèves ont aussi été sensibilisés à l'harmonie qui doit exister entre l'environnement, l'économie et l'énergie. Un nombre important d'étudiants affirment avoir utilisé moins d'énergie dans leur vie quotidienne grâce à ce jeu. Cependant, quelques étudiants ont affirmé n'avoir pas appris de nouveaux concepts à propos de la conservation d'énergie en jouant à « EnerCities ». Les résultats obtenus montrent aussi que le jeu sérieux « EnerCities » contribue à une augmentation de la sensibilisation des élèves aux enjeux de l'environnement et de l'énergie en particulier.

L'étude réalisée par Knol et de Vries (2011) indique que les jeux sérieux, notamment dans le domaine de l'environnement et en particulier dans le domaine de l'énergie, ne sont pas très utilisés en salle de classe. Les auteurs mettent en évidence, dans leur article, l'effet positif du jeu numérique « EnerCities » sur la conscientisation environnementale des élèves. À la lumière de cette recherche, les auteurs souhaitent que les décideurs politiques en matière d'éducation numérique et écologique,

les directeurs d'écoles et surtout les enseignants puissent intégrer, dans leur programme d'enseignement, les jeux sérieux pour une éducation à l'environnement.

La recherche menée par Knol et de Vries (2011) ne se concentre toutefois pas sur la compétence de résolution de problèmes. Elle se focalise particulièrement sur la sensibilisation des élèves au problème d'énergie. De plus, leur étude porte sur le concept d'attitude chez des élèves du secondaire. Ainsi, il serait fortement intéressant d'examiner l'effet de l'utilisation d'un jeu sérieux, notamment à propos de la biodiversité, sur la compétence de résolution de problèmes et la motivation des élèves du primaire.

La deuxième recherche réalisée par Veronica et Calvano (2020) avait pour objectif d'évaluer l'efficacité et la facilité d'utilisation d'outils éducatifs numériques destinés aux élèves du primaire pour sensibiliser les élèves à l'éducation marine. La question de recherche formulée par les auteurs était la suivante : « La vidéo explicative et le jeu sérieux pourraient-ils promouvoir l'acquisition de connaissances relatives à des comportements durables et aider les enfants à changer la façon dont ils agissent et réfléchissent à ce sujet? » Les outils numériques utilisés dans cette recherche étaient une vidéo explicative intitulée « A plastic sea » et un jeu sérieux nommé « SeAdventure ». La vidéo explicative intitulée « A plastic sea » avait pour objectif d'introduire le problème de déchets marins dans l'apprentissage des enfants pour les familiariser avec ce concept et ses conséquences sur l'homme et la vie marine. Tandis que le jeu sérieux intitulé « SeAdventure » a été développé afin de produire des effets bénéfiques sur les comportements des élèves en termes de réduction de propagation des déchets marins.

L'étude expérimentale a porté sur 50 élèves (20 garçons et 30 filles) de deux classes de niveau quatrième année d'une école primaire située à Andria, une ville près de Bari (sud de l'Italie). Un questionnaire pré/post formé de 19 items liés aux comportements durables et habitudes adoptées par les espèces vivant dans la mer Méditerranée a été assigné aux élèves. Les élèves ont été initiés au sujet de déchets marins par le biais d'une vidéo explicative. Puis, une évaluation diagnostique a été conduite par l'enseignante et une experte en éducation environnementale afin d'étayer la réflexion des apprenants quant au problème de déchets répandus dans la mer et la façon d'adopter des comportements durables. Ensuite, les élèves, par groupe de deux, ont manipulé le jeu sérieux au laboratoire informatique de l'école pendant une heure. Un questionnaire post-test formé des

mêmes items que le pré-test, a été assigné aux élèves afin d'évaluer si le jeu sérieux a pu améliorer leurs connaissances à propos des espèces marines. Afin de vérifier si les connaissances ont été effectivement acquises par les élèves, un test de rétention a été attribué, l'année suivante, aux mêmes classes et apprenants. De plus, un test d'usabilité a été soumis aux élèves afin de collecter leurs opinions à propos de l'esthétique et de la facilité de manipulation du jeu sérieux. Quelques questions posées aux élèves pour évaluer leurs perceptions relatives à l'utilité du contenu offert dans le jeu sérieux ont été soumises.

Les résultats de cette étude ont démontré l'efficacité du jeu sérieux « SeAdventure » pour acquérir de nouvelles connaissances. De plus, la majorité des enfants ont perçu le jeu comme facile à manipuler. Concernant l'esthétique du jeu sérieux, 42 élèves ont apprécié les couleurs, images et sons du jeu. Quant aux questions liées à la complexité de l'information textuelle, les réponses confirment que les textes étaient lisibles, compréhensibles et intéressants. Finalement, quelques questions ont été adressées pour collecter l'opinion des utilisateurs sur l'utilité du jeu. Parmi les 50 joueurs, 44 utilisateurs ont indiqué avoir développé leurs connaissances à propos des espèces marines et la pollution grâce à l'utilisation du jeu sérieux alors que 48 élèves ont affirmé que le jeu était utile pour apprendre de nouvelles informations. Cependant, 22 apprenants ont déclaré que les textes présentés dans le jeu étaient très longs.

Cet article a mis en lumière l'impact positif d'une vidéo et d'un jeu sérieux sur l'apprentissage des élèves italiens relatif aux espèces marines et a réussi à les conscientiser aux dangers encourus par les espèces en voie d'extinction à cause des déchets marins. Ainsi, serait-il pertinent de réaliser une autre étude avec un plus grand échantillon pour vérifier si un autre jeu sérieux environnemental pourrait améliorer, en particulier, la compétence de résolution de problèmes chez les élèves canadiens, de niveau 6^e année du primaire et augmenter leur motivation à l'égard de la science et technologie.

2.4.2 Deux études portant sur l'effet des jeux sérieux sur l'apprentissage ou la compétence de résolution de problèmes et la motivation des élèves à l'égard des ST

Hannel et Cuevas (2018) ont réalisé une recherche afin d'étudier l'effet de l'utilisation de simulations informatisées sur le rendement en sciences des élèves de 6^e année du primaire, comparativement aux manipulations traditionnelles au laboratoire. Cette étude a également mesuré

la motivation et l'efficacité des élèves pendant les manipulations manuelles et simulations informatisées. De plus, cette recherche a tenté d'évaluer l'impact desdites manipulations traditionnelles et simulations virtuelles sur le rendement des élèves les moins performants et de déterminer laquelle des deux approches aurait un plus grand effet sur la capacité de rétention d'informations chez les élèves.

Cette recherche tentait de répondre aux questions suivantes :

- 1- Est-ce que l'utilisation des jeux de simulation améliorent le rendement en sciences, comparativement aux manipulations traditionnelles?
- 2- Est-ce que l'utilisation des jeux de simulation améliorent la motivation et l'efficacité des élèves, comparativement aux manipulations traditionnelles?
- 3- Quel est l'impact de l'utilisation des jeux de simulation sur les élèves les moins performants, comparativement aux manipulations traditionnelles?
- 4- Est-ce qu'il y a une différence au niveau de la rétention de connaissances en utilisant des simulations informatisées ou des manipulations traditionnelles?

Cette étude a été menée au sein d'une école publique de la région métropolitaine d'Atlanta à Georgia. 176 élèves de la 6^e année du primaire ainsi que trois enseignants ont participé à l'étude. Le groupe expérimental était constitué de 89 élèves alors que le groupe de contrôle était composé de 87 apprenants. D'abord, un questionnaire de motivation relatif à l'apprentissage des sciences (SMTSL) a été administré au groupe expérimental et de contrôle. Ensuite, un questionnaire prétest a été distribué au groupe expérimental et témoin au début de chaque unité d'apprentissage (« Océanographie » comprenant la leçon de densité et « Atmosphère et Climat » comprenant l'effet de serre). Après le questionnaire, les enseignant.e.s ont fourni des explications sur l'unité (vocabulaire et concepts scientifiques). Au milieu de l'unité, les élèves ont pu explorer les principaux concepts visés à l'aide de manipulations au laboratoire (groupe de contrôle) ou d'une simulation informatisée interactive (groupe expérimental). À la fin de l'unité, les élèves du groupe expérimental et de contrôle ont rempli un questionnaire post-test. Trois semaines plus tard, un autre questionnaire post-test a été administré aux élèves afin de déterminer leur capacité à se rappeler des principaux concepts étudiés.

Les résultats n'ont pas indiqué des différences significatives entre le groupe expérimental (manipulant des simulations numériques) et le groupe de contrôle (réalisant des expériences traditionnelles au laboratoire) quant au développement des connaissances relatives aux concepts de la densité et de l'effet de serre et de la motivation des élèves à l'égard des ST. De ce fait, il serait pertinent de vérifier, si l'utilisation d'un autre jeu numérique pourrait engendrer des différences significatives, spécifiquement au niveau de la compétence de résolution de problèmes relatifs au concept de biodiversité entre le groupe expérimental et le groupe témoin. De plus, il serait intéressant d'examiner l'influence d'un jeu numérique sur la motivation des élèves et ce, pour le même niveau de classe (6^e année du primaire) et la même discipline (science et technologie).

Une quatrième recherche menée par Potvin et ses collègues (2012) dans laquelle un jeu de simulation intitulé « The Cooking Game » a été élaboré et utilisé par les chercheurs visait à comparer les performances et perceptions des élèves en sciences avant et après l'intégration de la réforme québécoise basée sur les compétences. Un questionnaire a été assigné aux élèves afin d'étudier les variables d'attitudes et d'intérêt. Un ensemble de 468 élèves du 5^e secondaire provenant de quatre écoles différentes, situées dans la grande région de Montréal, ont représenté le groupe ayant suivi l'ancien curriculum en 2009 et un autre ensemble de 382 apprenants du même niveau et de la même institution scolaire ont représenté le groupe ayant expérimenté la réforme du curriculum en 2011. Les résultats ont révélé une amélioration de la compétence de résolution de problèmes et des attitudes et intérêts des élèves à l'égard des ST grâce au jeu numérique. Leur recherche a mis en relief l'effet positif d'un jeu de simulation sur la compétence de résolution de problèmes et les perceptions des élèves du secondaire à l'égard des ST. Ainsi, serait-il pertinent de réaliser une autre étude visant à évaluer l'influence d'un autre jeu sérieux sur la compétence de résolution de problèmes liés à la perte de la biodiversité et la motivation des élèves canadiens et ce, au cycle primaire.

2.4.3 Synthèse

Les travaux de Knol et de Vries (2011), Veronica et Calvano (2020), de Hannel et Cuevas (2018) et de Potvin et ses collègues (2012) sont complémentaires. Dans un premier travail, Knol et de Vries (2011) ont étudié l'influence du jeu sérieux « EnerCities » sur la conscientisation environnementale et les attitudes des élèves à l'égard de la conservation d'énergie. Les auteurs ont

observé que les jeux virtuels portant sur la thématique de l'environnement ne sont pas très familiers chez les étudiants. De plus, ils ont conclu que le jeu sérieux « EnerCities » favorise la sensibilisation des apprenants aux enjeux d'énergie et développe des attitudes positives envers l'économie d'énergie. Cependant, cette recherche ne tient pas en compte l'effet des jeux sérieux sur d'autres enjeux environnementaux telle la biodiversité. Veronica et Calvano (2020) ont pu étudier l'influence d'un jeu sérieux intitulé « SeaAdventure » portant une attention particulière sur la biodiversité de la mer Apulie et Méditerranée, auprès des élèves italiens de quatrième année du primaire. Cette étude a mis en lumière l'impact positif d'un jeu sérieux sur l'apprentissage des élèves relatif aux espèces marines et a réussi à les conscientiser aux dangers encourus par les espèces en voie d'extinction à cause des déchets marins. Cependant, cette recherche tout comme celle de Knol et de Vries (2011) ne considère pas la compétence de résolution de problèmes ou la motivation des élèves. Hannel et Cuevas (2018), quant à eux, ont tenté d'étudier l'influence de l'utilisation d'un jeu de simulation sur le rendement en sciences et la motivation des élèves de 6^e année du primaire, en comparaison avec les manipulations traditionnelles au laboratoire. Cependant, cette recherche n'a pas pu démontrer des différences significatives entre le groupe expérimental (manipulant des simulations numériques) et le groupe de contrôle (réalisant des expériences traditionnelles au laboratoire) sur le plan de l'apprentissage des sciences et de la motivation. Il serait par conséquent pertinent de vérifier si l'utilisation d'un autre jeu sérieux pourrait engendrer des différences significatives, entre le groupe expérimental et le groupe témoin, spécifiquement au niveau de la compétence de résolution de problèmes et de la motivation des élèves canadiens du primaire en ST. À cet effet, Potvin et ses collègues (2012) ont pu démontrer l'effet positif d'un jeu sérieux sur la compétence de résolution de problèmes et les attitudes des élèves canadiens en science et technologie. Mais leur recherche a abordé le concept d'attitude et non pas celui de la motivation. De plus, elle s'est déroulée au niveau secondaire et non pas au primaire. Il serait alors intéressant de se pencher sur les principales limites de cette dernière étude afin d'élaborer une nouvelle recherche. Ainsi, serait-il pertinent de vérifier si l'utilisation d'un jeu sérieux pourrait générer des différences significatives entre le groupe expérimental et témoin, au niveau de la compétence de résolution de problèmes environnementaux tels que celui de la perte de la biodiversité et la motivation des élèves canadiens, en science et technologie et ce au niveau primaire.

2.5 Hypothèses de recherche

Dans le but d'étudier l'effet des jeux sérieux sur la compétence de résolution de problèmes et la motivation des élèves en ST au primaire, tout en considérant la pertinence des recherches élaborées par Knol et de Vries (2011), Veronica et Calvano (2020), Hannel et Cuevas (2018) ainsi que Potvin et ses collègues (2012), trois hypothèses sont énoncées :

L'hypothèse initiale (H_0) : *Il n'existe pas de différence de performance en résolution de problèmes environnementaux et de motivation entre le groupe expérimental et témoin.*

La première hypothèse spécifique (H_1) : *Le jeu sérieux « Nowatera » présente le potentiel d'améliorer la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental tels que celui de la biodiversité au primaire.*

La deuxième hypothèse spécifique (H_2) : *Le jeu sérieux « Nowatera » présente le potentiel d'améliorer la motivation des élèves à l'égard de la formation en science et technologie, précisément en contexte environnemental, au primaire.*

CHAPITRE III

MÉTHODOLOGIE

Cette section illustre le détail de la méthodologie qui vise la vérification des deux hypothèses selon lesquelles le jeu sérieux « *Nowatera* » (1) améliore la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental et (2) augmente la motivation des élèves en science et technologie au primaire.

Premièrement, la méthode de recherche adoptée dans la présente étude sera précisée. Par la suite, la description de l'échantillon de sujets qui participeront à la recherche sera élaborée. La population cible de cet échantillon sera également identifiée. Deuxièmement, le jeu numérique utilisé dans cette étude sera présenté. Ensuite, les instruments qui seront utilisés dans cette étude seront évoqués. Troisièmement, le déroulement de la recherche sera explicité. Cette section s'achèvera avec la présentation de la méthode d'analyse des résultats et des considérations éthiques quant à ce projet de recherche.

3.1 Méthode de recherche

Une méthode quasi-expérimentale permet de vérifier des hypothèses. Elle n'a pas recours à la randomisation. Une recherche quasi-expérimentale permet d'identifier un groupe expérimental et un autre groupe témoin. La présente étude est de type quasi-expérimental qui ambitionne d'étudier la différence qui se manifeste entre un groupe expérimental et un groupe de contrôle. La variable indépendante est l'utilisation du jeu sérieux intitulé « *Nowatera* » qui porte sur la biodiversité et les deux variables dépendantes sont la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental et la motivation des élèves.

3.2 Participants

L'échantillon est formé de 130 élèves francophones de niveau cinquième et sixième années du primaire au Québec, dans la grande région de Montréal. Notre étude s'est principalement réalisée auprès d'élèves de sixième année puisqu'à ce niveau, selon *la progression des apprentissages* (PDA) en science et technologie, les élèves sont censés être capables de décrire les différents

impacts des activités humaines sur l'environnement (Gouvernement du Québec, 2009). Ces apprenants auront été sélectionnés selon une stratégie d'échantillonnage par grappes (Borg et Gall, 1989, p. 225-226). Un échantillonnage par grappes est en fait une technique qui consiste à choisir au hasard un groupe d'individus de la population pour qu'ils fassent partie de l'échantillon. En éducation, la classe représente souvent l'unité d'échantillonnage : les classes sont alors choisies au hasard. D'abord, trois établissements d'enseignement primaire, ont été sélectionnés d'une façon volontaire, et ceci par le biais de conseillers pédagogiques en science et technologie au primaire. Aux fins de cette étude, les établissements d'enseignement primaire francophones correspondent à ceux qui appartiennent au *Centre de services scolaire des Hautes-Rivières, de Laval et des Mille-Îles*. D'autres commissions scolaires localisées dans la Grande région de Montréal ont été initialement sollicitées mais aucune réponse positive n'a été obtenue. Ensuite, dans chaque école, deux groupes-classe, majoritairement formés d'élèves de sixième année du primaire, ont été sélectionnés au hasard. Pour des raisons de respect du principe de consentement libre, les élèves ont participé au projet uniquement sur une base volontaire et ce, malgré l'application de la méthode d'échantillonnage par grappes. Chaque groupe-classe, habituellement composé d'un nombre comparable de filles et de garçons, a permis de rejoindre en moyenne 25 élèves d'un âge moyen de 11 ans. À noter qu'un groupe classe est le groupe expérimental manipulant le jeu numérique intitulé « Nowatera » pour résoudre des problèmes environnementaux liés à la biodiversité. Alors que l'autre groupe classe est le groupe témoin n'ayant pas recours au jeu sérieux mais qui a procédé à la résolution d'un problème environnemental relatif à la biodiversité à l'aide d'une activité d'apprentissage. Le Tableau 3.1 ci- dessous présente les ressemblances et différences entre le groupe expérimental et témoin.

Tableau 3.1 *Similitudes et différences entre le groupe expérimental et témoin pour les trois écoles sélectionnées*

	Groupe expérimental	Groupe témoin	Similarités	Différences
Enseignants	Enseignant titulaire	Enseignant titulaire	-	Deux enseignants différents dans chaque école.
Taille	Environ 21 élèves	Environ 22 élèves	Tailles comparables	-
Moyenne d'âge	11 ans	11 ans	Âge comparable	-

Durée de l'intervention	180 min	180 min	Même durée	-
Objectifs pédagogiques	Résolution de problèmes environnementaux liés à la biodiversité	Résolution de problèmes environnementaux liés à la biodiversité	Mêmes objectifs pédagogiques	-
Contenu	Préservation de la biodiversité	Préservation de la biodiversité	Mêmes contenus	-
Interventions	Enseignement par le jeu « Nowatera »	Enseignement sans le jeu « Nowatera »	-	Interventions différentes

3.3 Modalité d'apprentissage

Le jeu numérique « Nowatera » a été choisi puisqu'il répond aux critères d'un jeu sérieux (objectifs, règles, plaisir, score, rétroaction) et à la thématique de la biodiversité. En effet, peu de jeux sérieux retrouvés en ligne étaient accessibles en français et portaient sur la préservation de la biodiversité.

Le jeu sérieux « Nowatera » est un jeu informatisé qui a été développé comme un support de cours pouvant être manipulé en ligne ou téléchargé. peu de jeux numériques portant sur la préservation de la biodiversité étaient accessibles en français. Ainsi, le jeu « Nowatera » a été choisi puisqu'il répondait aux critères d'un jeu sérieux (objectifs, règles, plaisir, score, rétroaction) et à la thématique de biodiversité. L'outil numérique propose huit missions de causes et conséquences en cascade exposant des problèmes environnementaux sur une planète imaginaire : NOWATERA. Afin de respecter le temps dédié au traitement expérimental, les élèves ont été invités à jouer aux quatre premières missions, qui sont d'ailleurs adaptées à leur niveau :

- Mission 1 - *Tempête en zone 210* - : le joueur doit créer un rideau végétal contre le vent pour protéger les demeures. Cette barrière doit être intégrée esthétiquement au paysage et maximiser la biodiversité locale.

- Mission 2 - *Alerte rouge* - : les colons doivent faire face à une épidémie qui extermine la population des villages.
- Mission 3 - *Buzz* - : les colons sont confrontés à une réduction de la production de fruits dans les vergers. Ils sont alors amenés à découvrir l'effet néfaste de l'utilisation des pesticides sur les pollinisateurs et la santé.
- Mission 4 - *Vols en série* - : les colons sont confrontés à des vols mystérieux dus à la multiplication d'une espèce, ce qui entraîne le déséquilibre de l'écosystème.

Le jeu sérieux « Nowatera » guide les élèves dans le processus de résolution de problèmes. Dans chaque partie du jeu, l'élève est conduit à opérer des choix afin de résoudre le problème écologique qui lui est proposé. En premier lieu, le joueur choisit sa mission. Il procède d'abord à l'analyse des éléments de la situation-problème qui lui est proposée : il s'approprie le problème et sélectionne de nombreuses questions à poser aux colons. Puis, il imagine des pistes de solution pertinentes pour résoudre le problème environnemental proposé dans chaque mission grâce aux propos d'experts scientifiques ainsi que les documents fournis dans la base de données. Ensuite, le joueur met à l'essai des pistes de solution : une fois toutes les informations collectées, l'utilisateur choisit une seule solution pertinente pour résoudre le problème environnemental en question. Un écran de score apparaît alors permettant à l'élève de suivre sa progression dans le jeu et de recevoir une rétroaction immédiate positive ou négative selon la solution choisie (figure 3.1). Le jeu sérieux « Nowatera » permet à l'apprenant d'évaluer en continu sa démarche. Tout au long du jeu, l'utilisateur adopte un fonctionnement souple dans la mesure où il est possible de recommencer la

partie : choisir une autre solution en vue de résoudre le problème écologique proposé et améliorer son score.

En somme, le jeu sérieux « Nowatera » a été conçu pour permettre aux élèves de découvrir l'impact des différentes actions humaines sur l'environnement et les conscientiser sur l'importance de préserver la biodiversité.



Figure 3.1 Écran de score du jeu « Nowatera »

3.4 Instruments

Les instruments adoptés, dans la présente recherche, sont deux questionnaires pré/post : un sur la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental et un autre sur la motivation des élèves.

3.4.1 Questionnaire sur la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental

Le premier questionnaire a été conçu par la chercheuse et est basé sur les quatre critères d'évaluation de la première compétence en science et technologie au primaire « Proposer des explications ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique et technologique », d'ailleurs

indiqués dans le PFEQ : a) *description adéquate du problème ou de la problématique d'un point de vue scientifique ou technologique*, b) *élaboration de solutions réalistes*, c) *justification des solutions* et d) *utilisation d'une démarche appropriée à la nature du problème ou de la problématique* (Gouvernement du Québec, 2006).

Le questionnaire permet d'évaluer la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental avant et après la réalisation de l'activité expérimentale (voir ANNEXE A). Le questionnaire de résolution de problèmes en contexte environnemental (pré/post) est formé d'un texte environnemental intitulé « Pollution par le plastique » pour le prétest et « Le béluga du Saint-Laurent : une population en voie d'extinction » pour le post-test et de 4 items à développement long : 1- *Décris, avec tes propres mots, le problème environnemental proposé dans le texte ci-dessus*; 2- *Identifie le plus grand nombre possible de solutions réalistes qui pourraient aider à résoudre le problème environnemental en question*, 3- *Parmi les solutions que tu as suggérées dans la question numéro 2, choisis-en trois qui te paraissent les plus prometteuses. Explique pourquoi il te semble qu'elles sont les meilleures à adopter*, 4- *Choisis une des trois solutions que tu as proposées dans la question numéro 3. Puis, explique quelle démarche tu pourrais adopter pour vérifier si elle fonctionne ou si elle est inefficace. Cette démarche devrait comporter au moins trois étapes*.

Ce questionnaire a été testé auprès de six élèves du primaire avant le début de l'intervention afin de vérifier leur compréhension des textes et questions proposés et recueillir leurs perceptions relatives au jeu « Nowatera ». Le score total du questionnaire de résolution de problèmes en contexte environnemental est de 20 points; chaque item présente un score de 5 points. Le questionnaire a été corrigé suivant une grille d'évaluation descriptive (voir ANNEXE A).

3.4.2 Questionnaire sur la motivation

Un second questionnaire, soit le *SMQII* (*Science Motivation Questionnaire II*) a permis de mesurer la motivation des élèves à apprendre les sciences avant et après le traitement. Le *SMQII* a été retenu aux fins de cette étude en raison de la validité du contenu conceptuel, de construit et sa validité statistique (Glynn *et al.*, 2011). Puisque nous avons opté de nous pencher, dans cette étude, sur la théorie de l'autodétermination, distinguant d'ailleurs plusieurs types de motivation, il nous a paru évident de choisir le *SMQII*. Cet outil permet de mesurer cinq construits motivationnelles : la

motivation intrinsèque, l'autodétermination, le sentiment d'autoefficacité, la motivation à avoir de bonnes notes et à faire carrière en science. Le SMQII est constitué de 25 items, soit cinq par composante. Toutefois, le questionnaire a été adapté pour le primaire. Ainsi, seuls dix items relatifs à la *motivation intrinsèque, la motivation à avoir de bonnes notes et à faire carrière en sciences* ont été sélectionnés. Les items ont été mesurés sur une échelle de Likert de cinq niveaux, allant de « fortement en désaccord » à « fortement en accord » (voir ANNEXE A).

3.5 Déroulement de la collecte de données

D'abord, un courriel comportant toutes les explications nécessaires a été envoyé aux conseillers pédagogiques en science et technologie des centres de services scolaire des Hautes-Rivières, de Laval et des Mille-Îles. Les adresses électroniques des enseignant.e.s potentiellement intéressées par le projet d'étude ont été communiquées par la suite à l'étudiante. Celle-ci leur a alors envoyé un courriel personnalisé afin de s'entendre mutuellement sur une date pour une éventuelle rencontre virtuelle sur Zoom. Au cours de la réunion en ligne, la chercheuse a explicité aux enseignant.e.s le projet d'une façon détaillée et leur a expliqué clairement la démarche à suivre pour la passation en classe du formulaire de consentement parental. Les dates de visites de classe ont été également fixées au cours de la rencontre. Le choix du groupe expérimental et contrôle, par établissement scolaire, a été constitué au hasard. Le groupe expérimental a pour tâche de manipuler le jeu sérieux « Nowatera » afin de comprendre les mécanismes de la biodiversité et résoudre des problèmes environnementaux liés à la perte de la biodiversité. Alors que le groupe contrôle a pour tâche de réaliser différentes activités afin de familiariser les élèves avec le concept de biodiversité et l'impact de l'Homme sur l'environnement.

Visites de classes

La chercheuse s'est présentée aux trois écoles sélectionnées pour réaliser le protocole expérimental et contrôle, en présence de l'enseignant titulaire de chaque groupe classe. En premier lieu, la chercheuse a énoncé aux élèves du groupe expérimental et du groupe contrôle en quoi consiste l'étude. Les consignes (objectifs de la recherche, authenticité, anonymat) ont été explicitées à tous les groupes classe. Ensuite, le formulaire de consentement à participer au projet préalablement signé par les parents et les élèves a été ramassé. Les questionnaires de motivation et de résolution de problèmes en contexte environnemental n'ont été distribués qu'aux élèves qui avaient fait signer le formulaire de consentement. Après un temps de 45 minutes consacré à répondre aux différentes

questions, la chercheuse a récupéré elle-même les copies des questionnaires sur lequel chaque élève avait rédigé ses réponses. Ensuite, les élèves du groupe expérimental ont manipulé, par groupe de deux, sur leurs ordinateurs portables, les quatre premières missions du jeu sérieux « Nowatera » pendant 90 minutes. Les élèves ayant terminé de jouer aux quatre premières missions ont pu manipuler les autres scénarios. Alors que ceux du groupe contrôle ont réalisé une activité d'apprentissage ayant les mêmes objectifs pédagogiques et contenu que le jeu sérieux (*voir ANNEXE B*). Cette activité a été animée par la chercheuse. Elle consistait d'abord en une projection d'une vidéo explicative sur la biodiversité en classe suivie par des questions orales posées aux élèves. Ensuite, les élèves du groupe contrôle ont choisi une espèce exotique envahissante végétale ou animale parmi la liste d'espèces proposées et ont réalisé une recherche sur le web sur cette espèce choisie (son territoire d'origine, le milieu qu'elle a envahi, son mode de reproduction, l'impact de l'introduction de l'espèce invasive sur la biodiversité et/ou la santé des humains et les meilleures solutions à adopter pour empêcher sa propagation). Ensuite, les jeunes apprenants ont lu un texte environnemental sur l'impact des pesticides sur la biodiversité et la santé des humains. Ils ont pensé par la suite, par pairs, aux solutions pouvant être adoptées pour réduire l'utilisation de ces produits chimiques en agriculture. Un vote portant sur la meilleure solution à envisager a été réalisé au tableau.

Finalement, les questionnaires de motivation et de compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental ont été distribués de nouveau aux élèves du groupe expérimental et de contrôle afin de comparer les différences de motivation et de performance des élèves avant et après le traitement. Après un temps de 45 minutes accordé aux apprenants pour les compléter, l'étudiante a ramassé les copies et a remercié vivement les élèves et le professeur titulaire de chaque groupe classe de leur coopération.

Le Tableau 3.2 précise le nombre d'élèves dans le groupe expérimental et contrôle pour chaque école sélectionnée. Les écoles ont été anonymisées; des codes ont été attribuées afin de les désigner, soit E1, E2 et E3.

Tableau 3.2 Nombre de participant.e.s dans le groupe expérimental et contrôle, dans chaque école sélectionnée

Écoles		E1	E2	E3
Groupe	Expérimental	23	17	22
	Contrôle	25	24	19

La figure 3.2 résume le déroulement du traitement expérimental et contrôle.

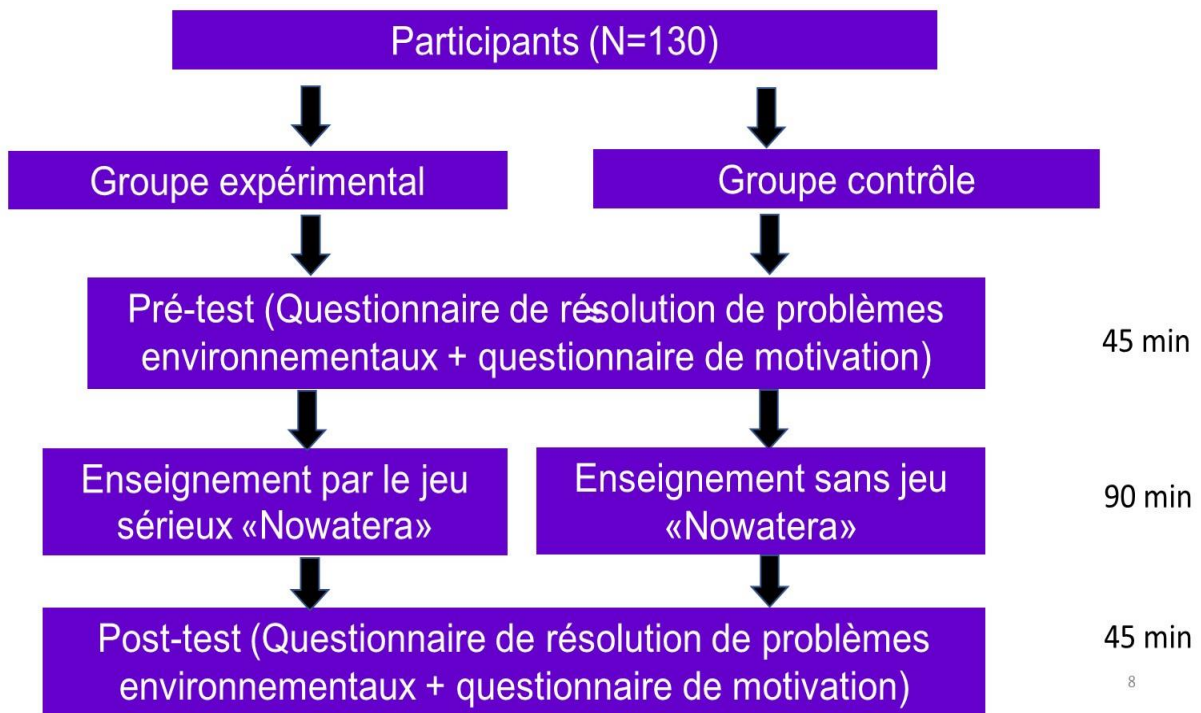


Figure 3.2 Diagramme de la procédure expérimentale

3.6 Méthode d'analyse des résultats

Des statistiques descriptives ont été calculées (minimum, maximum, moyenne, écart-type) pour chaque item des questionnaires pré/post test de résolution de problèmes en contexte environnemental et de motivation à l'égard des ST. De plus, une analyse de fidélité pour les deux questionnaires a été établie pour en évaluer la précision. Ainsi, l'Alpha de Cronbach a été calculé pour l'ensemble des items des questionnaires de résolution de problèmes et de motivation. Les analyses des données ont été réalisées à l'aide du logiciel statistique SPSS (IBM SPSS Statistics, version 28,0) avec un seuil de signification statistique égal à 0,05.

Concernant la compétence de résolution de problèmes

Afin de vérifier la première hypothèse H_1 selon laquelle le jeu sérieux « Nowatera » a le potentiel d'améliorer la compétence de résolution de problèmes environnementaux telle la biodiversité en ST au primaire, le Test-T pour des échantillons indépendants a été effectué. Les deux questionnaires de résolution de problèmes ont été corrigés par la chercheuse selon une grille d'évaluation descriptive. Grâce à la collecte des scores du prétest et du post-test, le Test-T pour des échantillons indépendants a permis de déterminer s'il y avait une différence de performance entre les deux groupes (expérimental et contrôle) avant et après l'activité expérimentale. De plus, une analyse de régression multiple a été effectuée afin de prédire la valeur de la variable dépendante (moyenne de résolution de problèmes obtenue au post-test) à partir des variables indépendantes.

Concernant la motivation

Dans le but de confirmer la deuxième hypothèse H_2 selon laquelle le jeu sérieux « Nowatera » a le potentiel d'augmenter la motivation des élèves en ST au primaire, le Test-T pour des échantillons indépendants a été de nouveau appliqué. L'analyse des données quantitatives collectées à partir du questionnaire de motivation a permis de comparer la motivation des élèves du groupe expérimental et de contrôle au début, et à la fin de l'expérimentation. De plus, une analyse de régression multiple a été effectuée afin de prédire la valeur de la variable dépendante (moyenne de motivation obtenue au post-test) à partir des variables indépendantes.

3.7 Considérations éthiques

La chercheuse s'est procurée un certificat d'approbation du Comité institutionnel d'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'UQAM (CIEREH) avant d'amorcer son projet. Ce certificat a servi de preuve de la conformité de la démarche de cette recherche avec les normes éthiques et de la possibilité de son application, par conséquent, sur des sujets humains.

Les établissements scolaires, les jeunes apprenants ainsi que leurs enseignants ont participé d'une manière volontaire à cette étude. Les participants du groupe expérimental et contrôle (élèves et leurs parents) ont dû signer un formulaire de consentement de participation avant l'amorce du projet de recherche (*voir ANNEXE C*). Les élèves qui ne voulaient/pouvaient pas participer au projet sont restés en classe et ont effectué des exercices assignés par leur professeur. Afin d'assurer

le consentement libre et éclairé, la chercheuse s'est assurée d'explicitier les objectifs et le processus de déroulement du projet de recherche au début de l'étude. De plus, les participants ont été informés des bénéfices et des risques liés à la participation au projet et de la possibilité de se retirer à n'importe quel moment du traitement.

Les résultats sont demeurés non nominatifs, autant pour les écoles que les enseignants et écoliers. À cet effet, les questionnaires ont été anonymisés; un numéro a été attribué à chaque nom. Toutes les données seront détruites un an après l'intervention.

CHAPITRE IV

RÉSULTATS

Ce chapitre présente les résultats de l'analyse quantitative des données. Puisque notre étude vise à analyser l'effet de l'utilisation du jeu sérieux « Nowatera » sur la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental et la motivation, l'analyse des données sera réalisée suivant ces deux variables dépendantes. D'abord, nous exposerons les données sociodémographiques de l'échantillon d'élèves participant à l'étude. Puis, nous présenterons la procédure de la démonstration de la fidélité des résultats obtenus pour les questionnaires de résolution de problèmes en contexte environnemental et de motivation à l'égard des ST. Ensuite, les résultats des Tests-T pour échantillons indépendants nous permettront de comparer les gains entre le groupe expérimental et contrôle. Les résultats d'une régression multiple permettant de tisser des relations entre les variables indépendantes et dépendantes tout en contrôlant l'effet de certaines variables seront par la suite présentés.

4.1 Données sociodémographiques de l'échantillon d'élèves

Le Tableau 4.1 ci-dessous présente les données descriptives de l'échantillon d'élèves ayant participé à l'étude (N = 130). Les participants proviennent de trois écoles primaires publiques E1, E2 et E3 appartenant à trois centres de services scolaires différentes (*Centres de Services Scolaires des Hautes-Rivières, de Laval et des Mille-Îles*). 68 élèves (52,3 % des participants) font partie du groupe contrôle alors que 62 apprenants (47,7 %) appartiennent au groupe expérimental. De plus, 48 élèves (36,9 % de l'échantillon) fréquentent l'école E1, 41 élèves (31,5 %) vont à l'école E2 et 41 élèves (31,5 %) étudient à l'école E3. À noter que les élèves du groupe expérimental de l'école E3 bénéficient de plusieurs heures de science et technologie par semaine au cours desquelles ils réalisent des activités scientifiques variées (recours fréquent au numérique, projets scientifiques...). La répartition selon le niveau se présente comme suit : 99 élèves (76,2 % de l'échantillon) sont de niveau 6^{ème} année du primaire tandis que 31 apprenants (23,8 %) sont de niveau 5^{ème} année du primaire. 14 élèves (10,8 %) ont 10 ans, 59 (45,4 %) ont 11 ans, 53 élèves (40,8 %) ont 12 ans et 4 élèves (3,1 %) ont 13 ans. Quant au genre, 66 élèves (52,4 %) sont des filles alors que 60 élèves (47,6 %) sont des garçons.

Tableau 4.1 *Données caractérisant l'échantillon d'élèves (N=130)*

		N	%
Groupe	Contrôle	68	52,3
	Expérimental	62	47,7
École	E1	48	36,9
	E2	41	31,5
	E3	41	31,5
Niveau	5	31	23,8
	6	99	76,2
Âge	10	14	10,8
	11	59	45,4
	12	53	40,8
	13	4	3,1
Genre	Fille	66	52,4
	Garçon	60	47,6

4.2 Qualité métrique des questionnaires de résolution de problèmes en contexte environnemental et de motivation à l'égard des sciences et technologie

La section suivante présente les analyses de fidélité et les données descriptives obtenues à partir des questionnaires de résolution de problèmes et de motivation.

4.2.1 Analyse de la fidélité du questionnaire de résolution de problèmes en contexte environnemental

Le Tableau 4.2 indique le coefficient Alpha de Cronbach α pour l'ensemble des quatre items du questionnaire de résolution de problèmes en contexte environnemental distribué en pré/post-test. Selon Hogan (2007) et DeVellis (2003), l'Alpha de Cronbach est considéré comme faible lorsqu'il se trouve entre 0,50 et 0,70. Pour l'ensemble des 4 items du questionnaire de résolution de problèmes prétest, $\alpha = 0,56$. Selon les critères énoncés précédemment, l'Alpha est considéré comme faible. De plus, l'Alpha pour les 4 items du questionnaire de résolution de problèmes en post-test est de 0,46 ($\alpha = 0,46$). Selon les critères énoncés précédemment, l'Alpha de Cronbach est également considéré comme faible. Cependant, nous conservons les quatre items puisque selon notre analyse des Tableaux 4.3 et 4.4, supprimer l'une des questions risque de faire baisser davantage l'indice de fidélité du questionnaire. Aux fins de cette étude, nous avons fait le choix de nous limiter uniquement à quatre items dans le questionnaire de résolution de problèmes afin d'éviter la fatigue des élèves, c'est peut-être ce qui explique l'alpha faible que nous avons

enregistré. Le fait d’avoir peu d’items menace également l’Alpha. Cependant, nous ne considérons pas la faiblesse de cette valeur comme surprenante puisque chacune des questions de résolution de problème portait sur un aspect distinct de la compétence étudiée.

Tableau 4.2 *Indice de fidélité pour les quatre items du questionnaire de résolution de problèmes pré/post*

Questionnaire de Résolution de problèmes (QRP)	Alpha de Cronbach	Nombre d'éléments
QRPpré	0,56	4
QRPpost	0,46	4

Tableau 4.3 *Statistique de total des items de résolution de problèmes (prétest)*

	Moyenne de l'échelle en cas de suppression d'élément	Variance de l'échelle en cas de suppression d'élément	Corrélation complète des éléments corrigés	Alpha de Cronbach en cas de suppression d'élément
Q1RPpré	9,94	6,40	,25	,56
Q2RPpré	9,87	5,41	,42	,43
Q3RPpré	10,42	4,95	,34	,50
Q4RPpré	10,25	5,26	,38	,46

Tableau 4.4 *Statistique de total des items de résolution de problèmes (post-test)*

	Moyenne de l'échelle en cas de suppression d'élément	Variance de l'échelle en cas de suppression d'élément	Corrélation complète des éléments corrigés	Alpha de Cronbach en cas de suppression d'élément
Q1RPpost	8,37	5,24	,18	,45
Q2RPpost	8,86	4,08	,43	,22
Q3RPpost	9,01	4,70	,18	,47
Q4RPpost	9,02	4,26	,27	,38

Statistiques descriptives

Les Tableaux 4.5 et 4.6 ci-dessous indiquent les données descriptives obtenues à partir du questionnaire de résolution de problèmes en contexte environnemental distribué en pré/post. La comparaison des Tableaux 4.5 et 4.6 nous montre une diminution de la moyenne de résolution de problèmes des élèves et ceci pour les quatre items du questionnaire. Les résultats indiquent une différence de moyennes de résolution de problèmes négative de 0,46 pts. De plus, nous observons

une variation de données autour de la moyenne plus importante sur le questionnaire pré-test de résolution de problèmes en comparaison avec le post-test ($\text{é.t.} = 0,74$). Ainsi, l'intervention n'a pas contribué à une amélioration du rendement en résolution de problèmes chez les élèves.

Tableau 4.5 *Statistiques descriptives des élèves pour le questionnaire de résolution de problèmes en contexte environnemental (prétest)*

	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart-type
Q1RPpré	130	1	5	3,55	,97
Q2RPpré	130	0	5	3,62	1,04
Q3RPpré	129	0	5	3,05	1,30
Q4RPpré	126	1	5	3,24	1,13
MoyenneRPpré	130	1,75	4,75	3,36	,74

Tableau 4.6 *Statistiques descriptives pour les items du questionnaire de résolution de problèmes (post-test)*

	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart-type
Q1RPpost	129	0	5	3,36	,94
Q2RPpost	129	0	5	2,87	1,03
Q3RPpost	128	1	5	2,72	1,15
Q4RPpost	127	1	5	2,73	1,15
MoyenneRPpost	129	,75	4,50	2,91	,67
GainRP	129	-2,25	1,00	-,46	,66
N valide (liste)	122				

4.2.2 Analyse de la fidélité du questionnaire de motivation des élèves à l'égard des sciences et technologie

Le Tableau 4.7 ci-dessous indique le coefficient Alpha de Cronbach α pour l'ensemble des dix items du questionnaire de motivation distribué en pré/post test. Selon Hogan (2007) et DeVellis (2003), l'Alpha de Cronbach supérieur à 0,8 est considéré comme « très bon » et « acceptable » lorsqu'il est supérieur à 0,7. Or l'Alpha de Cronbach pour les dix items du questionnaire de motivation en prétest est de 0,78 ($\alpha = 0,78$). Selon les critères énoncés précédemment, il est considéré alors comme acceptable. Quant à l'Alpha pour les dix items du questionnaire de motivation en post-test, il est de 0,85 ($\alpha = 0,85$). Selon les critères énoncés précédemment, l'alpha du questionnaire de motivation en post-test est considéré comme très bon. Nous conservons les dix items du questionnaire. En fait, notre analyse dont les résultats sont

présentés dans les Tableaux 4.8 et 4.9 nous indique qu'ils contribuent tous positivement à la cohérence interne du questionnaire de motivation (pré/post).

Tableau 4.7 *Indice de fidélité pour les dix items du questionnaire de motivation (pré/post)*

Questionnaire de motivation (QM)	Alpha de Cronbach	Nombre d'items
QMpré	0,78	10
QMpost	0,85	10

Tableau 4.8 *Statistique de total des items de motivation (prétest)*

	Moyenne de l'échelle en cas de suppression d'élément	Variance de l'échelle en cas de suppression d'élément	Corrélation complète des éléments corrigés	Alpha de Cronbach en cas de suppression d'élément
Q1Mpré	30,02	32,62	,45	,77
Q2Mpré	30,58	31,95	,42	,77
Q3Mpré	30,84	29,84	,50	,76
Q4Mpré	29,91	31,79	,46	,77
Q5Mpré	29,87	32,50	,43	,77
Q6Mpré	30,51	32,20	,32	,78
Q7Mpré	31,22	32,01	,32	,78
Q8Mpré	30,53	29,62	,58	,75
Q9Mpré	31,21	29,67	,46	,77
Q10Mpré	30,79	28,24	,63	,74

Tableau 4.9 *Statistique de total des items de motivation (post-test)*

	Moyenne de l'échelle en cas de suppression d'élément	Variance de l'échelle en cas de suppression d'élément	Corrélation complète des éléments corrigés	Alpha de Cronbach en cas de suppression d'élément
Q1Mpost	28,60	43,79	,56	,84
Q2Mpost	29,16	42,32	,54	,83
Q3Mpost	29,45	41,0	,62	,83
Q4Mpost	28,68	41,45	,55	,83
Q5Mpost	28,66	42,12	,57	,83
Q6Mpost	29,10	40,90	,53	,84
Q7Mpost	29,82	43,59	,37	,85
Q8Mpost	29,18	42,30	,54	,83
Q9Mpost	29,53	40,48	,58	,83
Q10Mpost	29,22	39,88	,65	,82

Statistiques descriptives

Les Tableaux 4.10 et 4.11 ci-dessous indiquent les statistiques descriptives obtenues à partir du questionnaire de motivation pré/post à l'égard des sciences et technologie pour l'ensemble des participant.es. La comparaison des Tableaux 4.10 et 4.11 nous montre une diminution de la moyenne de motivation des élèves et ceci pour chaque item du questionnaire de motivation. En somme, les résultats indiquent une différence de moyennes de motivation (pré/post) négative de 0,15 pts. De plus, nous observons une variation de données autour de la moyenne plus importante sur le questionnaire de motivation post-test comparativement au prétest (é.t. = 0,70).

Tableau 4.10 *Statistiques descriptives obtenues à partir du questionnaire de motivation des élèves (prétest)*

	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart-type
Q1Mpré	129	1	5	3,91	,81
Q2Mpré	126	1	5	3,37	,94
Q3Mpré	128	1	5	3,09	1,13
Q4Mpré	128	1	5	4,02	,93
Q5Mpré	129	2	5	4,05	,89
Q6Mpré	127	1	5	3,44	1,10
Q7Mpré	127	1	5	2,76	1,15
Q8Mpré	128	1	5	3,41	1,06
Q9Mpré	128	1	5	2,68	1,24
Q10Mpré	128	1	5	3,14	1,17
MoyenneQMpré	129	1,80	4,90	3,38	,61

Tableau 4.11 *Statistiques descriptives obtenues à partir du questionnaire de motivation des élèves (post-test)*

	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart-type
Q1Mpost	125	1	5	3,79	,88
Q2Mpost	124	1	5	3,22	1,06
Q3Mpost	125	1	5	2,91	1,07
Q4Mpost	124	1	5	3,70	1,15
Q5Mpost	124	1	5	3,75	1,02
Q6Mpost	125	1	5	3,30	1,25
Q7Mpost	122	1	5	2,60	1,20
Q8Mpost	122	1	5	3,20	1,01
Q9Mpost	125	1	5	2,83	1,18
Q10Mpost	125	1	5	3,11	1,17
MoyenneQMpost	125	1,20	4,90	3,24	,70
GainQM	124	-1,20	1,08	-,15	,32
N valide (liste)	110				

4.3 Résolution de problèmes en contexte environnemental

4.3.1 Test-T pour échantillons indépendants

Afin de comparer le gain de résolution de problèmes entre le groupe expérimental et le groupe témoin, le Test-T pour échantillons indépendants a été effectué pour chacune des trois écoles sélectionnées, en fonction du genre (garçons et filles) et de l'ensemble de tous les participant.e.s.

Test-T pour chacune des trois écoles

Le Tableau 4.12 ci-dessous indique les gains en résolution de problèmes pour chaque item et pour l'ensemble des items du questionnaire de résolution de problèmes entre le groupe contrôle et le groupe expérimental, en ce qui concerne chacune des trois écoles sélectionnées dans l'étude. Le tableau nous indique majoritairement des résultats non statistiquement significatifs ($p > 0,05$), notamment dans les écoles E1 et E2. Nous remarquons particulièrement, au niveau de l'école E1 un résultat statistiquement significatif ($p < 0,001$) négatif - de grand effet ($d = 1,22$) pour le premier item du questionnaire de résolution de problèmes. Ainsi il semble que les élèves du groupe contrôle aient mieux répondu au premier item du questionnaire post-test de résolution de problèmes que ceux du groupe expérimental. Le jeu sérieux « Nowatera » s'avère alors ne pas être pertinent pour apprendre à décrire un problème environnemental, comparativement avec l'activité d'apprentissage proposée dans le groupe contrôle. Cependant, pour l'école E3, nous remarquons des résultats statistiquement significatifs ($p < 0,05$) positifs de grand effet ($d > -0,8$) pour le premier item. En somme, la différence négative de résolution de problèmes à l'école E3 est significative ($p < 0,001$) et est très importante ($d = -1,40$). Ainsi, il paraît que le jeu sérieux ait enregistré un effet positif sur la performance des élèves en résolution de problèmes uniquement à l'école E3. Le recours fréquent à l'apprentissage par le numérique dans l'école E3 pourrait expliquer les résultats obtenus.

Tableau 4.12 Résultats Test-T pour les gains en résolution de problèmes en contexte environnemental entre le groupe expérimental et contrôle pour chaque école sélectionnée

Variables	GainRP	Groupe	N	M	ET	Erreur Standard	t	p	d
E1	GainQ1RP	Contrôle	25	0,36	0,99	0,20	4,16	<0,001*	1,22
		Expérimental	22	-0,95	1,17	0,25			
	GainQ2RP	Contrôle	25	-0,76	1,01	0,20	-0,23	0,82	-0,07
		Expérimental	22	-0,68	1,32	0,28			
	GainQ3RP	Contrôle	25	-0,36	1,44	0,29	-1,01	0,32	-0,30
		Expérimental	22	0,05	1,29	0,28			
	GainQ4RP	Contrôle	24	-0,38	1,31	0,27	0,17	0,87	0,05
		Expérimental	22	-0,45	1,84	0,40			
	GainRP	Contrôle	25	-0,29	0,61	0,12	1,13	0,27	0,33
		Expérimental	22	-0,51	0,75	0,16			
E2	GainQ1RP	Contrôle	24	0,08	1,06	0,22	1,54	0,13	0,49
		Expérimental	17	-0,41	0,94	0,23			
	GainQ2RP	Contrôle	24	-0,88	1,19	0,24	-0,13	0,89	-0,04
		Expérimental	17	-0,82	1,22	0,30			
	GainQ3RP	Contrôle	23	-0,40	1,34	0,28	-0,66	0,51	-0,21
		Expérimental	17	-0,12	1,22	0,30			
	GainQ4RP	Contrôle	21	-0,29	1,27	0,28	1,72	0,09	0,56
		Expérimental	17	-1,00	1,27	0,31			
	GainRP	Contrôle	24	-0,37	0,63	0,13	0,99	0,33	0,32
		Expérimental	17	-0,59	0,76	0,18			
E3	GainQ1RP	Contrôle	19	-0,74	1,41	0,32	-2,85	0,007*	-0,89
		Expérimental	22	0,27	0,83	0,18			
	GainQ2RP	Contrôle	19	-1,16	1,07	0,24	-2,70	0,01*	-0,84
		Expérimental	22	-0,27	1,03	0,22			
	GainQ3RP	Contrôle	19	-0,84	1,12	0,26	-0,53	0,60	-0,17
		Expérimental	21	-0,67	0,97	0,21			
	GainQ4RP	Contrôle	18	-0,94	1,16	0,27	-2,05	0,05	-0,66
		Expérimental	21	-0,24	0,99	0,22			
	GainRP	Contrôle	19	-0,90	0,59	0,14	-4,44	<0,001*	-1,40
		Expérimental	22	-0,20	0,41	0,09			

Note : *p < 0,05

Test-T en fonction du genre

Le tableau 4.13 indique les gains en résolution de problème pour chaque question et pour l'ensemble des items du questionnaire de résolution de problèmes chez les garçons et les filles, entre le groupe expérimental et contrôle. Nous remarquons que les résultats ne sont pas statistiquement significatifs ($p > 0,05$) pour les garçons vs les filles au niveau de tous les items du questionnaire de résolution de problèmes. Cependant, nous pouvons observer, chez les filles, notamment pour le premier item du questionnaire de résolution de problèmes, des résultats statistiquement significatifs ($p < 0,05$) négatifs d'effet moyen ($d = 0,70$). Ainsi, il semble que les filles du groupe contrôle aient enregistré un gain de résolution de problèmes plus important que celles présentes dans le groupe expérimental, notamment au niveau du premier item du questionnaire.

Tableau 4.13 Résultats Test-T pour les gains en résolution de problèmes selon le genre

Variables	GainRP	Groupe	N	M	ET	Erreur Standard	t	p	d
Garçons	GainQ1RP	Contrôle	30	-0,17	1,29	0,24	-0,20	0,84	-0,05
		Expérimental	29	-0,10	1,11	0,21			
	GainQ2RP	Contrôle	30	-0,67	1,15	0,21	-0,36	0,72	-0,09
		Expérimental	29	-0,55	1,30	0,24			
	GainQ3RP	Contrôle	29	-0,21	1,29	0,24	-0,30	0,32	-0,08
		Expérimental	28	-0,11	1,29	1,23			
	GainQ4RP	Contrôle	28	-0,68	1,19	0,22	-1,43	0,16	-0,38
		Expérimental	28	-0,14	1,58	0,30			
Filles	GainRP	Contrôle	30	-0,42	0,66	0,12	-1,13	0,27	-0,29
		Expérimental	29	-0,22	0,73	0,13			
	GainQ1RP	Contrôle	36	0,11	1,17	0,19	2,81	0,007*	0,70*
		Expérimental	30	-0,67	1,06	0,19			
	GainQ2RP	Contrôle	36	-1,11	1,00	0,17	-1,70	0,10	-0,42
		Expérimental	30	-0,67	1,12	0,21			
	GainQ3RP	Contrôle	36	-0,67	1,29	0,21	-0,98	0,33	-0,24
		Expérimental	30	-0,37	1,19	0,22			
	GainQ4RP	Contrôle	34	-0,41	1,33	0,23	1,39	0,17	0,35
		Expérimental	30	-0,87	1,28	0,23			
	GainRP	Contrôle	36	-0,53	0,67	0,11	0,75	0,46	0,19
		Expérimental	30	-0,64	0,54	0,10			

Note : * $p < 0,05$

Test-T pour l'ensemble de tous les participant.e.s

Le tableau 4.14 ci-dessous indique les gains en résolution de problèmes pour tous les participant.e.s (garçons et filles), provenant des trois écoles E1, E2 et E3. Les résultats n'indiquent pas de gain en résolution de problèmes significatifs ($p > 0,05$), et ceci pour chaque item et pour l'ensemble des items du questionnaire. Ainsi, il semble que le jeu sérieux n'ait pas eu d'effet significatif sur la performance en résolution de problèmes de l'ensemble des élèves de l'échantillon.

Tableau 4.14 *Résultats du Test-T pour les gains en résolution de problèmes en contexte environnemental pour tous les participant.es*

Variables	GainRP	Groupe	N	M	ET	Erreur standard	t	p	d
Tous les participants	GainQ1 RP	Contrôle	68	-0,04	1,21	0,15	1,54	0,13	0,27
		Expérimental	61	-0,36	1,11	0,14			
	GainQ2 RP	Contrôle	68	-0,91	1,09	0,13	-1,67	0,10	-0,30
		Expérimental	61	-0,57	1,20	0,15			
	GainQ3 RP	Contrôle	67	-0,51	1,32	0,16	-1,15	0,25	-0,21
		Expérimental	60	-0,25	1,19	0,15			
	GainQ4 RP	Contrôle	63	-0,51	1,27	0,16	0,10	0,92	-0,02
		Expérimental	60	-0,53	1,44	0,19			
	GainRP	Contrôle	68	-0,49	0,66	0,08	-0,57	0,57	-0,10
		Expérimental	61	-0,42	0,66	0,08			

Note : * $p < 0,05$

4.3.2 Analyse de régression linéaire multiple

Le tableau 4.15 ci-dessous présente les résultats de la corrélation entre la variable dépendante, soit la moyenne de résolution de problèmes obtenue au post-test et les variables indépendantes : moyenne de résolution de problèmes obtenue au prétest, Groupe, E1, E2 et E3, genre et âge. Les résultats montrent une première corrélation significative négative et très faible ($r = -0,18, p < 0,05$) entre la variable dépendante et E1. Une deuxième corrélation significative, positive et très faible existe entre la variable dépendante et E3 ($r = 0,17, p < 0,05$). De plus, une troisième corrélation

significative positive et modérée existe entre la moyenne de résolution de problèmes obtenue au post-test et celle obtenue au prétest ($r = 0,54$; $p < 0,05$).

Tableau 4.15 *Corrélations entre la variable dépendante Moyenne QRPpost et les variables indépendantes (N = 125)*

		Moyenne RPpost	Groupe	E1	E2	E3	Genre	Age	Moyenne RPpré
Corrélation de Pearson	MoyenneRPpost	1,00	-,03	-,18	,02	,17	-,14	-,12	,54
	Groupe	-,03	1,00	-,01	-,08	,09	,04	-,20	-,06
	E1	-,18	-,006	1,00	-,54	-,50	,060	,14	-,23
	E2	,02	-,08	-,54	1,00	-,45	-,18	,18	,03
	E3	,17	,09	-,50	-,45	1,00	,12	-,33	,22
	Genre	-,14	,04	,06	-,18	,12	1,00	,09	-,30
	Âge	-,12	-,20	,14	,18	-,33	,01	1,00	-,12
	MoyenneRPpré	,54	-,06	-,23	,03	,22	-,30	-,12	1,00
Sig. (unilatéral)	MoyenneRPpost		,37	,02*	,40	,03*	,07	,10	<,001*
	Groupe	,37		,47	,19	,1	,341	,01*	,26
	E1	,02*	,47		,00*	,00*	,25	,06	,01*
	E2	,40	,19	,00*	.	,00*	,02*	,03*	,39
	E3	,03*	,16	,00*	,00*		,08	,00*	,01*
	Genre	,07	,34	,25	,02*	,08		,47	,00*
	Âge	,10	,01*	,06	,03*	,00*	,47		,09
	MoyenneRPpré	,00*	,26	,01*	,39	,01*	,00*	,09	

Le tableau 4.16 ci-dessous présente les résultats de l'analyse de régression linéaire multiple entre la variable dépendante, soit la moyenne de résolution de problèmes obtenue au post-test et les sept variables indépendantes. Parmi les différentes variables, c'est la moyenne obtenue sur le questionnaire de résolution de problèmes au prétest qui est la variable la plus importante pour expliquer celle obtenue au post-test ($\beta = 0,53$; $p < 0,001$).

Tableau 4.16 *Analyse de régression linéaire multiple entre la variable dépendante Moyenne RPpost et les variables indépendantes*

	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés			Intervalle de confiance à 95,0% pour B	
	B	Erreur standard	Bêta	t	Sig	Borne inférieure	Borne supérieure
(Constante)	1,70	,96		1,77	,08	-,20	3,60
Groupe	-,01	,10	-,01	-,13	,89	-,22	,19
E2	,07	,12	,05	,54	,59	-,17	,31
E3	,08	,13	,06	,62	,54	-,18	,35
Genre	,03	,11	,02	,29	,77	-,18	,25
Âge	-,04	,08	-,05	-,54	,59	-,19	,11
MoyenneRPpré	,47	,08	,53	6,20	<,001*	,32	,6

Note : * $p < 0,05$

En somme, l'analyse des données du questionnaire de résolution de problèmes nous montre que le jeu sérieux n'a pas amélioré le rendement en résolution de problèmes de l'ensemble des participant.es (garçons et filles) provenant des trois écoles en question, par comparaison avec le traitement contrôle. Toutefois, les élèves de l'école E3 semblent avoir mieux performé en résolution de problèmes en comparaison avec les autres écoles E1 et E2. De plus, l'analyse de régression linéaire multiple réalisée montre que seule la moyenne obtenue au questionnaire de résolution de problèmes au prétest peut expliquer celle obtenue au post-test. Ainsi, la première hypothèse (H₁) est infirmée : *Le jeu sérieux « Nowatera » ne présente pas le potentiel d'améliorer la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental tels que celui de la biodiversité au primaire (chez les participant.e.s à cette étude).*

4.4 Motivation

4.4.1 Test-T pour échantillons indépendants

Tous les gains de motivation ont été effectués en opérant la soustraction entre les moyennes obtenues au questionnaire post-test de motivation et celles obtenues au prétest.

Afin de comparer le gain de motivation entre le groupe expérimental et le groupe contrôle, le Test-T pour échantillons indépendants a été réalisé pour chacune des trois écoles sélectionnées, en fonction du genre (garçons et filles) et finalement pour l'ensemble de tous les participant.e.s. La colonne « p » représente la significativité statistique permettant de tester l'hypothèse nulle. La colonne « d » représente la taille d'effet. Les résultats ne montrent pas des gains de motivation significatifs ($p > 0,05$) entre le groupe expérimental et contrôle, dans les écoles E2 et E3, chez les garçons ainsi que pour l'ensemble de tous les participant.es (Tableau 4.17). Le tableau montre également des résultats significatifs ($p < 0,05$) négatifs, d'effet moyen ($d = 0,65$) pour les élèves appartenant à l'école E1. Ainsi, il semble que les élèves appartenant à cette école aient enregistré une perte de motivation moins importante dans le groupe contrôle que celle de ceux du groupe expérimental. De plus, nous pouvons remarquer des résultats significatifs ($p < 0,05$) négatifs, et un effet moyen ($d = 0,66$) chez les filles. Cela semble indiquer que les filles aient enregistré une perte de motivation moins importante dans le groupe contrôle. Nous pouvons alors déduire que le jeu sérieux ne semble pas avoir enregistré d'effet positif sur les élèves provenant de différentes écoles et indifféremment de leur genre ($p > 0,05$).

Tableau 4.17 *Résultats Test-T pour les gains en motivation*

Variables	Groupe	N	M	ET	Erreur Standard	t	<i>p</i>	<i>d</i>
E1	Contrôle	25	-0,11	0,26	0,05	2,26	0,03*	0,65
	Expérimental	23	-0,30	0,32	0,07			
E2	Contrôle	18	-0,09	0,26	0,06	0,92	0,36	0,31
	Expérimental	17	-0,22	0,52	0,13			
E3	Contrôle	19	-0,08	0,27	0,06	0,15	0,88	0,05
	Expérimental	22	-0,09	0,25	0,05			
Garçons	Contrôle	26	-0,08	0,24	0,05	0,13	0,90	0,03
	Expérimental	30	-0,09	0,34	0,06			
Filles	Contrôle	34	-0,11	0,29	0,05	2,62	0,01*	0,66
	Expérimental	30	-0,33	0,36	0,07			
Tous les élèves	Contrôle	62	-0,10	0,26	0,03	1,89	0,06	0,34
	Expérimental	62	-0,21	0,37	0,05			

Note : * $p < 0,05$

4.4.2 Analyse de régression multiple

Le Tableau 4.18 ci-dessous présente d'abord les coefficients de Pearson obtenus afin d'évaluer l'existence de corrélations entre les variables indépendantes : le groupe, les écoles dans lesquelles s'est déroulé le traitement, le genre, l'âge et la moyenne de motivation obtenue sur le questionnaire prétest et la variable dépendante, soit la moyenne de motivation au post-test. Le tableau montre que les corrélations entre la moyenne obtenue au questionnaire de motivation au post-test et les variables indépendantes ne sont pas statistiquement significatives ($p > 0,05$). Toutefois, une forte corrélation positive, statistiquement significative existe entre la moyenne obtenue sur le questionnaire de motivation post-test et celle obtenue en prétest ($r = 0,90$; $p < 0,001$). C'est alors la moyenne de motivation obtenue au prétest qui est la plus importante pour expliquer celle obtenue au post-test. Ces résultats semblent prévisibles puisque les élèves qui normalement réussissent bien le prétest sont plus enclins à obtenir de bons scores au post-test.

Tableau 4.18 *Corrélation entre la variable dépendante MoyenneQMpost et les variables indépendantes (N = 120)*

		Moyenne QMpost	Groupe	E1	E2	E3	Genre	Âge	Moyenne QMpré
Corrélation de Pearson	MoyenneQMpost	1,00	,06	-,14	,01	,13	,03	-,03	,90
	Groupe	,06	1,00	-,03	-,02	,05	,07	-,21	,15
	E1	-,14	-,03	1,00	-,52	-,55	,09	,13	-,10
	E2	,01	-,02	-,52	1,00	-,43	-,23	,18	,01
	E3	,13	,05	-,55	-,43	1,00	,14	-,32	,09
	Genre	,03	,07	,09	-,23	,14	1,00	-,04	-,07
	Âge	-,03	-,21	,13	,18	-,32	-,04	1,00	-,08
	MoyenneQMpré	,89	,15	-,09	,01	,09	-,07	-,08	1,00
Sig. (unilatéral)	MoyenneQMpost		,28	,07	,44	,08	,38	,38	<,001*
	Groupe	,28		,36	,42	,28	,23	,01*	,05
	E1	,07	,36		,00*	,00*	,17	,08	,16
	E2	,44	,42	,00*		,00*	,01*	,02*	,45
	E3	,08	,28	,00*	,00*		,07	,00*	,17
	Genre	,38	,23	,17	,01*	,07		,35	,22
	Âge	,38	,01*	,08	,02*	,00*	,35		,20
	MoyenneQMpré	,00*	,05	,16	,45	,17	,22	,20	

Note : * $p < 0,05$

Une analyse de régression multiple a été ensuite réalisée afin de prédire l'état final (post-test) à partir de notre connaissance de l'état initial. La variable E1 a été exclue dans l'analyse puisqu'elle n'est pas prédictive de la variable dépendante. Les résultats du Tableau 4.19 ci-dessous nous montrent que la moyenne obtenue sur le questionnaire de motivation au post-test varie très légèrement en fonction du groupe ($\beta = -0,09$; $p = 0,05$), du genre ($\beta = 0,10$; $p = 0,02$) et de la moyenne obtenue au prétest ($\beta = 0,91$; $p < 0,001$)

Tableau 4.19 Résultats de l'analyse de régression multiple entre la variable dépendante Moyenne QMpost et les variables indépendantes

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés		Sig.	Intervalle de confiance à 95,0% pour B	
	B	Erreur standard	Bêta	t		Borne inférieure	Borne supérieure
(Constante)	-1,04	,53		-1,94	,06	-2,10	,02
Groupe	-,12	,06	-,09	-2,03	,05*	-,24	-,00
E2	,08	,07	,05	1,14	,26	-,06	,22
E3	,12	,07	,08	1,74	,09	-,02	,27
Genre	,14	,06	,10	2,39	,02*	,02	,26
Âge	,04	,04	,04	1,01	,32	-,04	,13
Moyenne QMpré	1,05	,05	,91	21,88	<,001*	,96	1,15

Note. Variable dépendante : Moyenne QMpost

En somme, l'analyse des données relatives au questionnaire de motivation nous montre que le jeu sérieux choisi n'a pas entraîné une amélioration de la motivation de l'ensemble des participants. De plus, les filles appartenant au groupe contrôle et provenant des différentes écoles semblent avoir été un peu plus motivées que celles du groupe expérimental. En conclusion, l'analyse de régression multiple réalisée nous indique qu'il est possible de prédire la moyenne de la motivation au post-test à partir de trois variables : la moyenne au prétest, le genre et le groupe. Ainsi, la deuxième hypothèse (H₂) est infirmée : *Le jeu sérieux « Nowatera » ne présente pas le potentiel d'améliorer la motivation des élèves du primaire ayant pris part à cette étude à l'égard de la formation en science et technologie.*

CHAPITRE V

DISCUSSION

Ce chapitre expose une discussion des résultats obtenus visant à vérifier les deux hypothèses de la recherche : (1) *Le jeu sérieux « Nowatera » présente le potentiel d'améliorer la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental tels que celui de la biodiversité au primaire* et (2) *Le jeu sérieux « Nowatera » présente le potentiel d'améliorer la motivation des élèves à l'égard de la formation en science et technologie au primaire*. Dans un premier temps, le chapitre s'attardera sur l'interprétation des résultats relatifs au premier volet de la question de recherche, soit : *Quel est l'effet de l'utilisation des jeux sérieux sur la compétence de résolution de problèmes environnementaux des élèves du primaire en science et technologie?* Dans un deuxième temps, il tentera d'expliquer les résultats obtenus concernant le deuxième volet de la question de recherche soit : *Quel est l'effet de l'utilisation des jeux sérieux sur la motivation des élèves du primaire en science et technologie?* Ensuite, les résultats obtenus seront comparés à la littérature scientifique. Finalement, ce chapitre s'achèvera par une formulation des principales limites de l'étude.

5.1 Discussion relative au premier volet de la question de recherche : « Quel est l'effet de l'utilisation du jeu sérieux Nowatera sur la compétence de résolution de problèmes environnementaux des élèves du primaire en science et technologie? »

Les résultats du Test-T pour échantillons indépendants nous ont révélé que le jeu sérieux choisi n'a pas engendré d'effet positif significatif quant à la performance en résolution de problèmes de l'ensemble des élèves participant.e.s (garçons et filles) issus des trois écoles E1, E2 et E3, par comparaison avec le groupe contrôle. Cependant, les participant.e.s du groupe expérimental de l'école E3 semblent avoir enregistré un meilleur rendement en résolution de problèmes, en comparaison avec ceux des autres écoles E1 et E2. De plus, l'analyse de régression linéaire multiple réalisée a montré que, parmi toutes les variables indépendantes sélectionnées (le groupe, les écoles, le genre, l'âge et la moyenne sur le pré-test), seule la moyenne obtenue au questionnaire de résolution de problèmes au prétest est susceptible de prédire celle obtenue au post-test. Par suite, la première hypothèse (H₁) n'est pas confirmée : *le jeu sérieux « Nowatera » ne présenterait pas*

le potentiel d'améliorer la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental tels que celui de la biodiversité au primaire chez les participant.e.s à cette étude.

Plusieurs justifications possibles des résultats obtenus peuvent être proposées. D'abord, il est probable que les élèves ayant volontairement participé à l'étude ne soient pas particulièrement motivés par les sciences, ce qui s'est possiblement répercuté négativement sur leur rendement en résolution de problèmes. En effet, différents travaux confirment la relation entre motivation et performance scolaire (Scallan, 1992; Viau, 1994). Selon Deci et Ryan (1985), les conditions favorables à la motivation intrinsèque et la motivation extrinsèque autodéterminée sont susceptibles d'engendrer une grande performance scolaire. Ainsi, il semble que les élèves n'aient pas suffisamment pris plaisir à jouer au jeu sérieux « Nowatera » choisi dans le cadre de cette étude, ce qui se serait répercuté par un faible rendement chez les élèves.

Les résultats de notre étude indiquent également que les élèves du groupe expérimental de l'école E3 aient mieux performé en résolution de problèmes que les autres écoles E1 et E2. En fait, ces apprenants bénéficiaient de plus d'heures de sciences par semaine et réalisaient de nombreuses activités scientifiques enrichissantes au cours de l'année scolaire (ex : robotique, expériences scientifiques, etc.). Il est alors possible que le recours de l'enseignante titulaire à des méthodes innovantes, dans le groupe expérimental de l'école E3, ait contribué à de meilleurs résultats au niveau de la compétence de résolution de problèmes, en comparaison avec les autres écoles.

De plus, la faible performance des élèves de l'échantillon en résolution de problèmes peut s'expliquer par le recours assez rare des enseignant.e.s de sciences à la démarche d'investigation en classe (Conseil supérieur de l'éducation, 2013). En effet, au cours de la complétion du questionnaire de résolution de problèmes pré/post, un grand nombre d'élèves avaient possiblement du mal à reformuler le problème environnemental avec leurs propres mots, imaginer plusieurs solutions pertinentes au problème proposé dans le texte, à les justifier adéquatement et à concevoir un plan adéquat pour mettre en action la solution choisie.

Le jeu sérieux « Nowatera » est conçu de façon à développer la démarche scientifique chez les apprenants (poser en continu des questions aux colons, rechercher des informations pertinentes

pour résoudre les problèmes environnementaux proposés grâce à des pistes de réponses fournies par des experts scientifiques ou la lecture de nombreuses fiches dans la base de données et choisir une solution appropriée une fois toute l'information collectée). Cependant, dans le cadre de notre étude, la chercheuse s'est contentée de lire les consignes et d'expliquer certaines questions considérées comme difficiles par les élèves. De plus, le rôle de l'enseignante titulaire s'est limité à surveiller sa classe, ce qui peut avoir contribué à la faible performance des élèves en résolution de problèmes.

Afin d'améliorer la démarche d'investigation scientifique, par le biais de l'utilisation des jeux sérieux, les enseignant.e.s doivent guider les élèves tout au long du processus. En effet, différentes recherches ont démontré l'efficacité de l'apprentissage par le jeu lorsque l'enseignant joue le rôle de facilitateur quant à la réflexion, la discussion et la pensée critique (Klopfer et Yoon, 2005; Sandford *et al.*, 2005; Squire 2011). Au lieu d'avoir le jeu qui spécifie et limite l'apprentissage visé, l'enseignant.e devrait concevoir un plan qui vise la meilleure exploitation du jeu combiné avec d'autres activités d'apprentissage afin d'atteindre les objectifs ciblés (Sandford *et al.*, 2007; Watson, 2011). Afin d'activer leurs connaissances antérieures, les enseignant.e.s devraient idéalement proposer des exemples de compétences préalablement acquises par les élèves lesquels soient spécifiques, pertinents et relatifs aux objectifs d'apprentissage actuels (Watson et Fang, 2012). Il s'avère également important pour les enseignants de s'assurer que l'exploration par le biais des jeux virtuels soient conformes aux objectifs spécifiques d'apprentissage. À cet effet, les enseignant.e.s devraient alors planifier des directives structurées pour l'utilisation du jeu sérieux orientées vers l'atteinte des objectifs ciblés. De plus, organiser la classe de façon à ce que les élèves puissent collaborer ensemble est un élément clé pour un apprentissage efficace avec les jeux virtuels. Ainsi, les élèves pourront-ils discuter ensemble des stratégies et choix à opérer; une exploration plus approfondie du problème et une identification d'autres solutions potentielles pourront avoir lieu (Watson et Fang, 2012). Il s'avère aussi important pour les enseignant.e.s d'organiser des moments de réflexion : arrêter le jeu virtuel pour réfléchir en petits groupes ou collectivement, fournir des ressources supplémentaires, demander aux élèves de verbaliser leurs idées, encourager les élèves à noter leurs réflexions dans un journal de bord ou de participer à d'autres activités réflexives afin de capturer dans la réalité les expériences

vécues dans le jeu (Watson et Fang, 2012). Ketamo et Kiili (2010) affirment que le changement conceptuel des apprenants est facilité par des pauses d'arrêt du jeu.

En somme, afin de maximiser les performances des élèves en résolution de problèmes, les enseignant.e.s doivent pouvoir guider et soutenir les élèves durant la manipulation du jeu sérieux. Comme le souligne Amory (2010), il est important que l'apprentissage se produise *avec* le jeu virtuel comme un outil plutôt qu'*à partir* du jeu *exclusivement*.

Une autre hypothèse expliquant la faible performance des élèves en résolution de problèmes est le manque de connaissances préalables sur le concept de biodiversité, qui est d'ailleurs la principale thématique abordée dans le jeu sérieux choisi « Nowatera ». En effet, d'après la PDA (Gouvernement du Québec, 2009), les impacts de l'homme sur l'environnement sont introduits à partir de la sixième année mais les changements climatiques, voire la dynamique des communautés (biodiversité et perturbations) sont surtout abordés au deuxième cycle du secondaire. Il est alors fort probable que les élèves aient pu rencontrer des difficultés quant à la compréhension de certaines notions scientifiques ou de mots techniques dans le jeu. Néanmoins, le jeu sérieux « Nowatera » propose un lexique dans la base de données accompagné de différentes définitions de mots-clés apparus dans le jeu.

Le faible rendement en résolution de problèmes chez les élèves du primaire pourrait aussi être expliqué par « l'effet enseignant ». Des activités présentant les mêmes objectifs et contenu que le jeu sérieux ont été animées par l'étudiante dans le groupe contrôle. Nous pouvons raisonnablement penser que les élèves du groupe contrôle, par le biais des activités ludiques fournies aient pu développer davantage la compétence de résolution de problèmes que ceux du groupe expérimental. Ainsi, s'avère-t-il difficile de comparer l'efficacité d'un jeu sérieux avec l'expertise d'une enseignante passionnée par les sciences.

5.2 Discussion relative au deuxième volet de la question de recherche : « Quel est l'effet de l'utilisation des jeux sérieux sur la motivation des élèves du primaire en science et technologie? »

À partir des résultats obtenus au Test-T pour échantillons indépendants, nous pouvons déduire que le jeu sérieux choisi n'a pas entraîné une amélioration de la motivation de l'ensemble des

participant.e.s. En outre, les filles appartenant au groupe expérimental et provenant de différentes écoles semblent avoir été moins motivées que celles du groupe contrôle. L'analyse des régressions multiples nous a montré qu'il est possible d'expliquer la moyenne de la motivation obtenue au post-test à partir de trois variables indépendantes : la moyenne obtenue au prétest, le genre et le groupe. Ainsi, nous pouvons déduire que l'hypothèse H₂ n'a pas pu être confirmée : *Les jeux sérieux ne présenteraient pas le potentiel d'améliorer la motivation des élèves du primaire en ST ayant pris part à l'étude.*

D'abord, il est fort probable que le jeu sérieux choisi dans le cadre de cette étude n'ait pas pu développer la motivation des élèves. En comparaison avec les jeux commerciaux auxquels les élèves ont l'habitude de jouer, il est possible que les apprenants n'aient pas pris plaisir à jouer au jeu « Nowatera ». Selon Passarelli et ses collègues (2019), des utilisateurs très expérimentés et généralement accoutumés à des jeux très engageants sont moins séduits par des environnements virtuels présentant des mécaniques de jeu relativement simples.

D'après Wang et ses collègues (2007), les fonctionnalités du jeu, voire l'utilité perçue, la facilité d'utilisation et la clarté des objectifs d'apprentissage sont susceptibles d'accroître l'immersion et engagement des élèves dans l'univers virtuel. De plus, selon Sauvé et Babin (2012), plusieurs critères sont susceptibles de développer la motivation des élèves, notamment les règles précisées au début du jeu, la présence d'une interface de communication entre les joueurs, un temps équivalent pour l'apprentissage et le fait de jouer, les rétroactions immédiates et continues tout au long du jeu ainsi que le score ou les points obtenus au cours du jeu. L'ensemble des critères définis précédemment sont omniprésents dans le jeu « Nowatera ». Cependant, les objectifs d'apprentissage dans chaque mission du jeu ne sont pas clairement énoncés aux joueurs. De plus, le score obtenu par le joueur s'affiche à la fin de chaque mission et disparaît une fois que le joueur passe au scénario suivant. Ainsi, il s'avère difficile pour les élèves de suivre leur évolution et progrès tout au long du jeu. Toutefois, puisque notre étude se déroule dans un contexte éducatif et qu'elle vise spécifiquement à développer la compétence de résolution de problèmes environnementaux liés à la perte de la biodiversité, le choix du jeu numérique « Nowatera » nous a paru le plus approprié. Néanmoins, la formulation d'objectifs d'apprentissage précis en plus de l'intégration de badges, récompenses (médailles, trophées, étoiles...) ou barres de progression dans le jeu pourraient avoir contribué à une plus grande motivation de la part des élèves.

La distraction des élèves dans le jeu sérieux « Nowatera » causée par les sons, les paysages variés et l'interaction continue avec les avatars pourrait également expliquer le faible engagement des élèves dans le jeu. En effet, Lim et ses collègues (2006) ont affirmé que le manque de concentration et d'attention auxquels sont confrontés les élèves dans l'environnement virtuel sont susceptibles d'entraîner un faible engagement dans le jeu. Selon Blumenfield et ses collègues (2006), les différentes caractéristiques offertes dans le jeu numérique auraient le potentiel de favoriser au départ la motivation des élèves. Toutefois, elles ne servent pas à maintenir leur intérêt tout au long du jeu.

La faible motivation des élèves de l'échantillon dans le jeu sérieux pourrait aussi être expliquée par le degré de contrôle limité que l'élève a sur le jeu. Dans la théorie de l'autodétermination, Deci et Ryan (2008) se sont attardés sur l'importance de l'autonomie pour favoriser la motivation intrinsèque. Ainsi, les conditions qui limitent le sentiment de contrôle ou la liberté d'action contribuent à réduire la motivation intrinsèque de l'apprenant (Deci *et al.*, 1999). Dans les jeux sérieux, le niveau de contrôle s'applique aux actions et décisions dans le jeu, mais aussi au contexte pédagogique dans la mesure où des décisions relatives au type de jeu et au temps alloué au jeu doivent être prises. En ce qui concerne le niveau de contrôle, une différence essentielle entre les jeux vidéo et les jeux sérieux existe; les jeux vidéo sont généralement choisis par les utilisateurs et joués quand ils le veulent et autant qu'ils ne le souhaitent alors que dans le cas des jeux sérieux, le type de jeu utilisé et le temps alloué au jeu sont prescrits dans le curriculum scolaire. Ainsi, il est possible que le manque de contrôle du joueur sur ces décisions ait contribué à réduire la motivation des élèves. Selon Passarelli et ses collègues (2019), l'utilisation de jeux sérieux en classe pourrait entraîner une diminution de la motivation intrinsèque des élèves puisque ces outils numériques s'opposent au caractère spontané et récréatif du jeu. Au cours des entrevues réalisées dans l'étude de Passarelli et ses collègues (2019), les élèves ont affirmé ne pas apprécier les jeux ludiques qui cachaient des activités d'apprentissage et déclaraient préférer les jeux commerciaux. De plus, les enseignant.e.s et apprenant.es ont été d'avis que le jeu sérieux ne devrait pas être présenté tel une activité obligatoire dans les écoles mais plutôt comme une stratégie pédagogique alternative aux autres activités. Selon les mêmes auteurs (lesquels?), le jeu se caractérise par un certain degré de spontanéité et d'autodétermination. Forcer alors les élèves à jouer risque de les contrarier et de priver l'activité de son potentiel ludique. Cependant, dans le cadre de notre recherche, seuls les

élèves ayant volontairement accepté de participer à l'étude ont manipulé le jeu. De plus, ils étaient libres, tel mentionné dans le formulaire de consentement, de se retirer de l'activité expérimentale à n'importe quel moment.

Une autre hypothèse pourrait expliquer les résultats obtenus quant au manque de motivation des élèves dans le jeu : l'inadéquation entre les défis proposés dans les différentes missions du jeu et les compétences des élèves. En effet, la plupart des élèves ont trouvé le deuxième scénario du jeu assez difficile. Par conséquent, ils ont pris le plus de temps pour comprendre le problème proposé et aboutir à la meilleure solution possible pour le résoudre. Le fait d'échouer à la mission et de la répéter plusieurs fois peut avoir contribué à rendre les élèves anxieux, ce qui se serait selon cette hypothèse répercuté négativement sur leur niveau d'engagement et motivation pour la suite du jeu. Selon Csíkszentmihályi (1991), le joueur n'expérimente un état de « flow » ou d'« expérience optimale » que lorsqu'un équilibre existe entre les défis proposés et les compétences. D'après Nakamura et Csíkszentmihályi (2014), l'expérience de « flow » entraîne chez l'utilisateur un sens de contrôle, de concentration totale sur la tâche et de perte de la perception du temps. Ces auteurs ont indiqué trois principales conditions pour l'émergence de l'expérience de flow : la définition d'objectifs clairs et précis, les rétroactions immédiates fournies au joueur et l'équilibre entre les défis et les compétences du joueur. Ainsi, afin de garder un équilibre entre difficulté et réussite et de maintenir la motivation de l'élève tout au long du jeu, une progression graduelle de difficulté dans le jeu est nécessaire et devra être prise en considération lors de la conception d'un jeu sérieux.

Les résultats obtenus ont indiqué que les filles du groupe expérimental étaient globalement moins motivées que celles du groupe contrôle. De plus, l'analyse de régression multiple a révélé que la moyenne obtenue au post-test varie en fonction du genre. Le faible intérêt des filles pour les jeux numériques dont les jeux sérieux pourrait expliquer les résultats obtenus. En effet, Stege et ses collègues (2011) ont étudié l'effet d'un jeu sérieux sur l'apprentissage et la motivation des élèves (garçons et filles) du secondaire. Le groupe expérimental a manipulé un jeu virtuel alors que le groupe témoin s'est contenté de lire un texte et de réaliser des exercices d'entraînement à l'écrit. Les résultats de leur étude ont montré que les garçons du groupe expérimental aient amélioré leur apprentissage en comparaison avec le groupe contrôle, alors qu'aucune différence n'a été

perçue au niveau du gain d'apprentissage chez les filles. Cependant, celles-ci se sont montrées moins motivées par le jeu numérique proposé. Selon les auteurs, le faible intérêt des filles pour les jeux numériques en général pourrait en être la cause. Chung et Chang (2016), quant à eux, ont tenté d'examiner l'impact du genre sur l'apprentissage et la motivation des élèves, à la suite de la manipulation d'un jeu virtuel. Les résultats ne montrent pas de différence entre les garçons et les filles, au niveau de l'apprentissage. Cependant, contrairement aux résultats obtenus par Stege et ses collègues (2011), il semble que les filles aient été davantage motivées puisque le jeu numérique proposé dans leur étude ne présente pas de contenu très compétitif et collaboratif. Les résultats de l'étude de Papastergiou (2009) ont pu démontrer une plus grande performance et motivation pour les jeux sérieux chez les garçons. Toutefois, les filles semblent avoir de plus importantes habiletés cognitives au niveau du contenu du jeu et des objectifs d'apprentissage. Hwang et ses collègues (2013) ont intégré de nombreux jeux de rôles collaboratifs en ligne à l'apprentissage et ont constaté que la formulation d'objectifs de réussite chez les garçons leur permet d'avoir une meilleure performance dans un environnement d'apprentissage compétitif ou collaboratif que les filles. En fait, celles-ci se montrent particulièrement anxieuses dans un jeu compétitif et ne trouvent pas de plaisir dans le processus, ce qui a pour conséquence d'affecter négativement leur rendement.

En conclusion, la faible motivation perçue par les filles lors de l'utilisation du jeu « Nowatera » peut s'expliquer par leur intérêt minime pour les jeux sérieux en général, notamment ceux présentant des contenus compétitifs et collaboratifs.

5.3 Retour sur la littérature

Cette section permet de comparer les résultats obtenus à la littérature scientifique.

5.3.1 Quel est l'effet de l'utilisation des jeux sérieux sur la compétence de résolution de problèmes environnementaux des élèves du primaire en science et technologie ?

Les résultats obtenus ont montré que le jeu sérieux choisi n'a pas eu l'effet positif escompté sur la compétence en résolution de problèmes de l'ensemble des élèves participant.e.s, par comparaison avec ceux et celles du groupe contrôle.

Les résultats de cette étude ne concordent pas avec ceux de Potvin et ses collègues (2012) qui ont pu démontrer l'effet positif d'un jeu de simulation conçu par les chercheurs intitulé « The Cooking Game » sur la compétence de résolution de problèmes et les attitudes des élèves en science et technologie au secondaire. Cette recherche avait spécifiquement pour objectif de comparer les performances et perceptions des élèves en sciences avant et après l'intégration de la réforme québécoise. L'étude de Potvin et ses collègues regroupait 468 élèves du secondaire formant le groupe ayant suivi l'ancien curriculum et 382 élèves du même niveau représentant la cohorte ayant suivi la nouvelle réforme québécoise. Un enregistrement de l'ensemble des interactions entre le joueur et la simulation a été réalisé et a permis de générer des variables relatives à la définition de la compétence de résolution de problèmes. À l'instar de la recherche réalisée par Potvin et ses collègues (2012), la présente étude s'est focalisée sur la compétence de résolution de problèmes en ST. Cependant, l'échantillon retenu est plus petit ($N = 130$). De plus, notre recherche s'est déroulée au primaire et non au secondaire. Le choix d'un jeu sérieux tel que « The Cooking Game » capable de mesurer la performance des élèves ou d'enregistrer les différentes stratégies de résolution de problèmes choisies par le joueur pourrait être une bonne alternative pour évaluer la compétence de résolution de problèmes. Toutefois, il est important de mentionner que « The Cooking Game » a été manipulé à une période où l'utilisation de jeux numériques en général (en classe et dans la vie quotidienne) était peu fréquente. Ainsi, le caractère novateur des jeux sérieux à cette époque-là peut avoir été un élément contribuant aux résultats positifs obtenus dans l'étude de Potvin et ses collègues (2012).

De plus, les résultats de notre étude ne confirment pas ceux obtenus par Simanjuntak et ses collègues (2021). Ceux-ci ont démontré l'efficacité de l'apprentissage par problème combiné avec une simulation virtuelle sur les compétences de résolution de problèmes et de pensée créative. Similairement à notre étude, les auteurs ont eu recours à un test pour évaluer la compétence de résolution de problèmes avant et après le traitement. Cependant, leur échantillon était plus grand ($N=192$) que cette étude-ci et était constitué d'élèves du secondaire. De plus, ils ont eu recours à 3 groupes : le groupe expérimental I ($N=68$) ayant recours à l'apprentissage par problèmes combiné à la simulation informatisée, le groupe expérimental II ($N=60$) ayant reçu uniquement l'apprentissage par problème et le groupe contrôle ($N=64$) apprenant par la méthode traditionnelle (écouter l'explication de l'enseignant.e et réaliser des exercices dans le manuel de physique). À

l'instar de la présente étude, les élèves manipulant le jeu de simulation ont travaillé par groupe de deux afin de s'entendre ensemble sur la meilleure solution possible pour résoudre le problème environnemental proposé. Cependant, notre étude s'est limitée à deux groupes : le groupe expérimental chargé de résoudre des problèmes environnementaux à l'aide d'un jeu sérieux portant sur la biodiversité et le groupe contrôle qui avait pour tâche de réaliser une activité d'apprentissage ayant les mêmes objectifs et contenu que le jeu sérieux.

Les résultats obtenus ne s'arriment pas également avec ceux de Liu et ses collègues (2014). Ces derniers ont réalisé une étude mixte dans l'objectif d'évaluer l'effet d'un jeu sérieux intitulé « Alien Rescue », d'ailleurs inscrit dans le curriculum de sciences sur l'apprentissage des élèves étasuniens provenant de deux écoles, de niveau sixième année en science (N=203). Les élèves, répartis en petits groupes, ont utilisé quotidiennement le jeu numérique dans leurs cours de sciences tout au long de trois semaines. Les enseignants titulaires avaient reçu au préalable des formations appropriées afin de bien accompagner leurs élèves au cours de la manipulation du jeu numérique. Deux outils de collecte de données ont été utilisés dans cette étude : a) un test de connaissances de sciences et b) des questions ouvertes. Les résultats des données qualitatives et quantitatives de l'étude de Liu et ses collègues (2014) montrent l'acquisition de nombreux concepts scientifiques relatifs au système solaire et la capacité des élèves à verbaliser ce qu'ils ont appris à la suite de la manipulation du jeu « Alien Rescue ». Les apprenants ont amélioré également leurs compétences en résolution de problèmes grâce à la manipulation du jeu. Liu et ses collègues (2014) ont mis en lumière également dans leur étude l'effet positif du jeu « Alien Rescue » sur la motivation des élèves à apprendre. En effet, ce jeu immerge les élèves dans un processus d'exploration de problèmes, favorise l'interaction entre le joueur et le jeu, met à la disposition des joueurs d'outils médias puissants et favorise les jeux de rôles. De plus, au cours du jeu, les élèves ont amélioré leurs compétences collaboratives grâce à l'échange d'idées avec leurs pairs. Cette recherche présente plusieurs similitudes avec notre étude, notamment l'âge comparable des élèves, l'utilisation d'un devis pré/post pour comparer les résultats avant et après le traitement expérimental et la manipulation du jeu par pairs. Cependant, contrairement à notre étude, les chercheurs n'ont pas eu recours à un groupe contrôle pour vérifier l'efficacité du jeu sérieux « Alien Rescue ». L'analyse de la recherche de Liu et ses collègues (2014) a mis en lumière l'importance d'intégrer l'utilisation de l'environnement virtuel dans le curriculum de sciences et

d'inclure d'autres activités pédagogiques afin de maximiser les performances des élèves et leur motivation par conséquent. Des formations continues assurées aux enseignant.e.s s'avèrent primordiales pour soutenir et accompagner les élèves durant la manipulation du jeu sérieux en classe.

5.3.2 Quel est l'effet de l'utilisation des jeux sérieux sur la motivation des élèves du primaire en science et technologie ?

Les résultats obtenus ont révélé que le jeu sérieux choisi n'ait pas eu un effet positif sur la motivation de l'ensemble des élèves participant.e.s par comparaison avec le traitement contrôle. Les filles appartenant au groupe expérimental et provenant des différentes écoles semblent avoir été moins motivées que celles du groupe contrôle. De plus, les résultats obtenus ont montré que la moyenne obtenue au post-test varie en fonction de celle obtenue au pré-test, du genre et du groupe.

Les résultats de la présente recherche concordent avec ceux de Lim et ses collègues (2006). Ceux-ci ont examiné les défis liés à l'engagement des élèves à apprendre et ont tenté de décrire le contexte de l'intégration du jeu numérique « Quest Atlantis » (QA) portant sur le cycle de l'eau, la purification et pollution de l'eau. L'environnement virtuel à trois dimensions (QA) est caractérisé par deux éléments : l'immersion et l'interaction. Des points et récompenses (médailles, couronnes et cartes de collection attrayantes) sont attribués au joueur au fur et à mesure de leur progression et réussite dans le jeu. De plus, le jeu numérique proposé implique l'élève dans la démarche d'investigation : collecte de l'information, interprétation, analyse et réflexion personnelle afin de favoriser la pensée critique et la métacognition. Il comporte aussi un espace de clavardage et une page d'accueil personnelle du joueur (courriel électronique, liens, listes d'amis, information...) afin de stimuler l'interaction avec les artefacts digitales et favoriser la collaboration avec les joueurs. L'étude exploratoire s'est déroulée dans une école à Singapour au cours de laquelle huit élèves de 4^e année du primaire ont manipulé l'environnement virtuel QA, par groupe de deux, pendant cinq sessions d'une durée d'une heure chacune. Plusieurs méthodes de collecte de données et d'analyse ont été adoptées dans cette étude :

- le devis pré/post-test afin de déterminer l'effet du jeu numérique QA sur l'apprentissage des concepts scientifiques. À noter que les élèves avaient acquis des connaissances sur le cycle de l'eau, la purification et la pollution de l'eau, deux semaines avant le traitement;

- des entrevues réalisées avec les élèves sur leur niveau d'engagement dans le jeu, l'expérience d'apprentissage informatisée et leurs perceptions quant à l'apprentissage des concepts scientifiques;
- des observations liées aux objectifs des leçons apprises dans le jeu, interactions entre les participants et entre l'environnement virtuel et les joueurs et des observations relatives à l'engagement des élèves à apprendre dans le jeu; et
- des travaux et des réflexions à remettre par écrit à l'enseignant.e suite à la manipulation du jeu.

Les résultats de la recherche menée par Lim et ses collègues (2006) ont indiqué un faible engagement des élèves dans le jeu numérique. De nombreuses similitudes avec notre étude sont observées : la démarche d'investigation scientifique privilégiée dans le jeu virtuel « Quest Atlantis », l'interaction avec différents personnages virtuels, les rétroactions positives ou négatives reçues, les notions relatives à l'environnement évoquées dans les leçons de sciences et les différentes missions proposées (ex : pollution et purification de l'eau), l'âge similaire des élèves (10 et 11 ans), la collaboration par pairs sur un ordinateur et l'utilisation d'un devis pré/post-test. Cependant, Lim et ses collègues (2006) ont mené des entrevues auprès des élèves afin de faire ressortir leurs conceptions du jeu et leur niveau d'engagement. Selon ces auteurs, le niveau d'engagement des élèves à la suite de la manipulation de l'environnement virtuel était assez faible en raison du temps limité dédié au jeu, notamment à la réalisation de la partie de réflexion, la distraction des élèves dans le jeu numérique et le recours assez rare des enseignant.e.s à la démarche d'investigation en classe. L'auteur propose plusieurs suggestions susceptibles d'améliorer l'engagement des élèves dans le jeu : l'analyse préalable des compétences des élèves telles que la nécessité d'entraîner les élèves à la réflexion dans les cours de sciences, le rôle de l'enseignant dans le jeu (orienter les activités proposées dans le jeu virtuel par le biais de sessions d'introduction au jeu, énoncer les objectifs des missions, effectuer une démonstration d'une mission devant les élèves et le plus essentiel guider les élèves dans le processus d'investigation). Dans le cadre de notre étude, l'échantillon était plus grand. De plus, l'enseignante s'est limitée à surveiller la classe. Un plus grand rôle attribué à l'enseignant.e durant le jeu (ex : accompagner et soutenir les élèves) pourrait contribuer à développer leur compétence de résolution de problèmes et accroître leur motivation par conséquent. À noter que les élèves n'avaient pas de connaissances préalables sur le concept de biodiversité; des cours dédiés à l'enseignement de cette thématique avant la

manipulation du jeu « Nowatera » pourraient faciliter la compréhension des problèmes environnementaux proposés dans chaque mission et améliorer le processus d'investigation par conséquent.

Les résultats de notre étude confirment également ceux obtenus par Hannel et Cuevas (2018). L'échantillon de cette étude était formé de 176 élèves de niveau 6^e année, inscrits dans des cours de sciences naturelles (âge entre 11 et 13 ans) dans une école située à Georgia aux États-Unis. Le groupe expérimental (N=89) a eu recours aux simulations PhET liées au concept de densité et de l'effet de serre. Alors que le groupe contrôle (N=87) a réalisé des manipulations au laboratoire relatives au concept de densité et de l'effet de serre. Avant le traitement, les élèves avaient reçu l'instruction relative aux concepts scientifiques de densité et d'effet de serre. À l'instar de notre étude, les auteurs n'ont pas pu démontrer des différences significatives entre les élèves du groupe expérimental et du groupe de contrôle quant au rendement et leur motivation à l'égard des sciences. L'une des limites évoquées par les auteurs est le temps restreint pour jouer au jeu de simulation pour le groupe expérimental et réaliser des manipulations au laboratoire pour le groupe contrôle (une journée pour réaliser le traitement). Les auteurs proposent dans le futur de réaliser une étude expérimentale qui pourrait combiner à la fois les simulations virtuelles et les manipulations traditionnelles au laboratoire. La recherche de Hannel et Cuevas (2018) présente plusieurs similitudes avec la présente étude : la discipline ciblée, la méthode quasi-expérimentale adoptée, le temps limité consacré au traitement expérimental ou contrôle, l'âge comparable des élèves et la variable dépendante soit la motivation. Cependant, leur recherche n'étudie pas la compétence de résolution de problèmes et le jeu de simulation choisi dans leur étude ne porte pas sur la préservation de la biodiversité, thématique qui est d'ailleurs au cœur de l'actualité.

En définitive, les résultats obtenus dans cette étude mettent en lumière l'importance de choisir un jeu sérieux en phase avec le programme scolaire où les objectifs d'apprentissage et les règles y sont clairement énoncés. Selon O'Neil et ses collègues (2005), il serait utile d'avoir recours à un jeu sérieux permettant le transfert des notions préalablement apprises plutôt que l'exploration de nouveaux concepts. Il s'avère important également d'encourager la collaboration et la communication des élèves au cours du jeu. Ainsi, les élèves peuvent se féliciter lorsqu'ils réussissent ou se soutenir lorsqu'ils échouent une mission. Afin de maintenir la motivation de l'apprenant, un temps suffisant, une progression graduelle dans le jeu ainsi qu'un score et des

rétroactions encourageantes, ponctuelles et continues doivent lui être fournis.

De plus, un jeu sérieux doit être accompagné de différentes mesures pédagogiques en vue de développer des compétences cognitives complexes chez les élèves telle la résolution de problèmes ou d'accroître leur motivation. L'une des principales interventions pédagogiques qui semble être la plus efficace dans le cas du jeu sérieux est l'étayage. Cette stratégie pédagogique consiste à ce que l'enseignant joue le rôle de guide et d'accompagnateur au cours du jeu dans l'objectif d'aider l'élève à structurer ses savoirs. Un temps alloué à la réflexion et à la restitution « *debriefing* », à la suite de la manipulation du jeu s'avère nécessaire afin d'améliorer l'apprentissage des élèves.

5.4 Limites des choix effectués pour mener notre recherche

Cette recherche consiste en une étude quantitative et a pour objectif d'évaluer l'effet de l'utilisation des jeux sérieux sur la compétence de résolution de problèmes environnementaux et la motivation des élèves du primaire en science et technologie. Quatre principales limites relatives à la méthodologie de la recherche sont identifiées.

Premièrement, la principale limite de l'étude semble avoir été la courte période consacrée à l'intervention. En effet, le traitement expérimental et contrôle se sont déroulés chacun durant une journée (durée de 90 min pour compléter les questionnaires prétest et post-test). Les élèves du groupe expérimental ont joué au jeu sérieux « Nowatera » pendant 90 min alors que ceux du groupe contrôle ont réalisé l'activité d'apprentissage pendant la même durée. De nombreux travaux ont mis en lumière la nécessité de prévoir plusieurs sessions de jeu afin que l'utilisateur puisse mieux se familiariser avec le jeu et par conséquent améliorer son rendement et sa motivation (Tekkursun et Cicioglu, 2019; Wouters *et al.*, 2013). Cependant, des contraintes inhérentes à la réalisation de la maîtrise selon un échéancier de temps prédéfini, la surcharge des enseignant.e.s ont été à l'origine du choix de réaliser le traitement pendant une seule journée.

Deuxièmement, un problème de connexion s'est établi dans l'école E1. En fait, au moment où les élèves du groupe expérimental devaient manipuler le jeu numérique « Nowatera », seulement sept ordinateurs étaient connectés au réseau internet de l'école. Nous avons prévu initialement d'avoir quatorze ordinateurs connectés à l'internet afin que les élèves, par groupe de deux, puissent

manipuler le jeu numérique « Nowatera ». Toutefois, vu les circonstances hors de notre contrôle, les élèves de l'école E1 ont été répartis par groupe de trois pour jouer au jeu, ce qui a sûrement contribué à une gestion de classe plus difficile, rendant les élèves moins concentrés sur le jeu et moins motivés par conséquent.

Troisièmement, l'outil de collecte de données utilisé pour évaluer la performance des élèves en résolution de problèmes, voire le *questionnaire de résolution de problèmes environnementaux*, a été créé spécifiquement pour ce projet et a été utilisé pour la première fois dans le cadre de cette étude. Des suites de la collecte de données, force est de constater qu'il présente certaines faiblesses. En fait, la chercheuse a introduit uniquement quatre items dans le questionnaire. Cependant, étant donné la conformité des questions ouvertes sélectionnées avec les critères d'évaluation de la première compétence scientifique au primaire, inscrits dans le PFEQ et afin d'éviter la fatigue des élèves, il nous a paru approprié de se contenter uniquement de quatre questions. En outre, la formulation de certains items semble avoir posé des difficultés de compréhension à certains élèves étant donné que plusieurs questions étaient posées à leur sujet au cours de la passation du questionnaire. Des incompréhensions ont donc pu entraîner un biais dans les réponses des participant.e.s. De plus, le questionnaire de résolution de problèmes post-test était différent de celui administré en prétest. En effet, le texte introduit dans le prétest portait sur la pollution par le plastique alors que celui dans le post-test avait pour thème l'extinction des bélugas du Saint-Laurent. Toutefois, les questions présentées dans les deux tests étaient les mêmes. Il est fort probable que les élèves aient mieux répondu aux items du prétest puisqu'ils et elles ont généralement plus de connaissances sur la pollution causée par le plastique. En effet, de nombreux projets éducatifs sont réalisés autour de cette thématique et de nombreuses solutions sont prises en compte quotidiennement à cet égard tels le recyclage à l'école et l'interdiction de sacs en plastique dans les supermarchés et centres d'achat.

Une autre limite qui ressort de cette étude est le même nombre de points attribué à chacun des quatre items du questionnaire. Une pondération plus élevée des items jugés comme les plus importants (ex : choix de la meilleure solution et description par ordre des étapes de son implémentation) aurait été plus efficace pour obtenir des résultats précis et fiables.

Une dernière limite de l'étude concerne le recours à l'analyse quantitative des données exclusivement. Afin de respecter l'échéancier pour la rédaction du mémoire, nous avons décidé de nous limiter à la collecte quantitative des données. Cependant, il aurait été pertinent de réaliser également des entrevues auprès de quelques élèves du groupe expérimental. En effet, la réalisation d'entrevues permet de recueillir les perceptions des élèves quant au processus de résolution de problèmes, les stratégies adoptées par les élèves pour la résolution de problèmes environnementaux, les défis rencontrés durant la manipulation du jeu ainsi que les éléments contribuant à la motivation ou désengagement de l'utilisateur dans le jeu.

CONCLUSION

Au cours des dernières décennies, plusieurs activités humaines ont conduit à l'altération de l'environnement. Une prise de conscience de la sévérité des problèmes environnementaux telle que la perte de la biodiversité peut se faire grâce à l'éducation relative à l'environnement (ERE). Toutefois, l'ERE s'est peu institutionnalisée en milieu scolaire. Malgré un nouveau programme fondé sur le développement de la compétence de résolution de problèmes et de la culture scientifique, la plupart des enseignant.e.s de sciences du primaire continuent à adopter des méthodes traditionnelles dans leurs cours. Une diminution de l'intérêt et de la motivation des élèves à l'égard des sciences est alors observée depuis le 3^e cycle du primaire, jusqu'à la fin du secondaire. Trois concepts clés ont été définis dans ce projet, à savoir le jeu sérieux, la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental et la motivation en contexte scolaire. De plus, quatre principales recherches dans le champ d'étude ont été explicitées.

Notre recherche a voulu étudier spécifiquement l'effet de l'utilisation d'un jeu sérieux portant sur la préservation de la biodiversité sur la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental et la motivation des élèves du primaire en science et technologie. Afin d'y parvenir, nous avons réalisé une étude quantitative de type quasi-expérimental. Un échantillon de 130 élèves francophones de niveau cinquième et sixième année du primaire au Québec ont participé à l'étude. Un groupe classe a été le groupe expérimental manipulant le jeu sérieux intitulé « Nowatera » portant sur la biodiversité alors que l'autre groupe a été le groupe contrôle réalisant une activité d'apprentissage avec les mêmes contenus et objectifs que le jeu sérieux. Afin d'évaluer la compétence de résolution de problèmes en contexte environnemental et la motivation des élèves, deux questionnaires pré/post ont été utilisés. Les résultats nous ont montré que le jeu sérieux choisi n'a pas eu d'effets positifs sur la performance en résolution de problèmes et la motivation des élèves de l'échantillon à l'égard des sciences.

De nombreuses perspectives pour l'avenir pourraient être envisagées à partir des limites et lacunes de cette étude. Premièrement, il serait pertinent de prévoir, dans le cadre d'une étude ultérieure, un temps d'intervention plus long afin que les élèves puissent approfondir leur compréhension des concepts scientifiques ciblés dans le jeu. En effet, une méta-analyse réalisée par Wouters et ses collègues (2013) a pu démontrer l'effet positif de l'organisation de plusieurs

sessions de jeu sur l'apprentissage des élèves, en comparaison avec les méthodes d'enseignement traditionnelles.

Deuxièmement, nous recommandons de réaliser une future recherche où l'enseignant.e pourrait jouer le rôle de facilitateur dans le jeu sérieux « Nowatera ». Dans l'objectif de simplifier le processus de transfert des apprentissages, il est essentiel que les joueurs puissent verbaliser les nouvelles connaissances apprises (Wouters et *al.*, 2013). Un questionnement ouvert et un temps dédié à la réflexion et à la pensée critique s'avèrent nécessaires pour maximiser les performances des élèves durant le jeu (Klopfer et Yoon, 2005; Squire, 2011). De plus, combiner le jeu sérieux avec d'autres stratégies pédagogiques portant sur la même thématique (ex : biodiversité) pourraient également développer la compétence de résolution de problèmes chez les élèves et favoriser leur motivation à apprendre. En effet, l'étude de Sitzmann (2011) a pu démontrer un meilleur apprentissage lorsque le jeu sérieux est accompagné d'autres méthodes d'enseignement.

Troisièmement, des entrevues pourraient être menées auprès des élèves pour les faire verbaliser sur leurs stratégies de résolution de problèmes adoptées et leur degré de motivation dans le jeu.

Finalement, l'utilisation de jeux sérieux en classe (même les meilleurs que nous puissions trouver) ne peut remplir toutes les promesses. Il arrive aussi que des pratiques pédagogiques n'intégrant pas l'usage d'outils numériques parviennent à des résultats similaires. Toutefois, le jeu sérieux demeure un atout technologique important à envisager dans l'éducation. Selon Livingstone (2011), les technologies numériques doivent être perçues comme des outils au service d'une « conception de l'éducation plus flexible et centrée sur l'apprenant », capables de développer différentes compétences du 21^e siècle chez les élèves telle la résolution de problèmes, la pensée critique, la créativité et la collaboration.

Dans le but d'améliorer l'efficacité du jeu et la motivation des élèves, les concepteurs de jeux devraient prendre en considération les mécaniques d'apprentissage et de jeu. Une coordination harmonieuse des mécaniques d'apprentissage et de jeu s'avère primordial pour réussir le double défi pédagogique et ludique des jeux sérieux éducatifs (JSÉ). Il serait judicieux de réaliser la même étude avec un échantillon d'élèves du secondaire puisque d'après la PDA (Gouvernement du Québec, 2009), la biodiversité est largement étudiée à ce niveau. De futures recherches pourraient également étudier l'effet de la combinaison de l'utilisation de jeux sérieux

avec d'autres stratégies pédagogiques (ex : activités d'apprentissage à réaliser sur la même thématique, discussions et débats collectifs) sur la performance des élèves en résolution de problèmes et leur motivation à l'égard des sciences. Dans le cadre de ce projet, il n'était pas possible de se pencher sur cet aspect vu la taille de l'échantillon restreint. Ainsi, serait-il pertinent, dans le cadre d'une étude ultérieure, d'inclure un groupe expérimental qui manipulera le jeu sérieux au cours de plusieurs sessions et réalisera également différentes activités d'apprentissage sur la même thématique. Ce groupe d'élèves serait guidé et accompagné par leur enseignant.e tout au long du processus d'apprentissage.

ANNEXE A

QUESTIONNAIRES DE MOTIVATION EN ST ET DE RÉOLUTION DE PROBLÈMES EN
CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL (PRÉTEST) + GRILLE D'ÉVALUATION
DESCRIPTIVE

CAHIER DE L'ÉLÈVE
SCIENCE ET TECHNOLOGIE

NOM ET PRÉNOM : _____

CLASSE : _____

ÂGE : _____

NIVEAU SCOLAIRE : _____

GENRE : Je suis un garçon ☐

Je suis une fille ☐

Je préfère ne pas répondre ☐

QUESTIONNAIRE SUR LA MOTIVATION EN S&T

Consignes importantes (à lire pour tout le groupe) :

Afin de mieux comprendre ce que tu penses et tu ressens à l'égard des apprentissages en science et technologie, tu devras indiquer à quel point tu es en accord ou en désaccord avec chaque énoncé ci-dessous. Ceci n'est pas un examen! Tes réponses doivent être vraies (authentiques) et elles ne seront pas montrées à ton enseignant ou à d'autres adultes que les chercheurs.

Démarche à suivre :

1- Ne coche qu'une seule des cinq options pour chaque question sur l'échelle à 5 niveaux entre « fortement en désaccord » et « fortement en accord »;

2- Réponds à toutes les affirmations (il y en a 10);

Certaines affirmations peuvent sembler répétitives, mais elles sont toutes importantes.

L'acronyme S&T veut dire : science et technologie.

	Fortement en désaccord	En désaccord	Ni en désaccord, ni en accord	En accord	Fortement en accord
1. J'aime apprendre les S&T.	☐	☐	☐	☐	☐
2. Les connaissances en S&T que j'apprends à l'école sont en lien avec ma vie.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Apprendre les S&T m'aide à donner un sens à ma vie.	☐	☐	☐	☐	☐
4. Je suis curieux(se) en ce qui concerne les découvertes scientifiques et technologiques.	☐	☐	☐	☐	☐
5. Avoir de bonnes notes en S&T est important pour moi.	☐	☐	☐	☐	☐
6. Il est important que j'obtienne la meilleure note possible en S&T.	☐	☐	☐	☐	☐
7. J'aime être meilleur(e) que les autres dans les examens en S&T.	☐	☐	☐	☐	☐
8. Apprendre les S&T me permettra de décrocher un bon emploi.	☐	☐	☐	☐	☐
9. Ma carrière future aura un lien avec les S&T.	☐	☐	☐	☐	☐
10. J'utiliserai les habiletés de résolution de problème que je développe en S&T dans ma carrière.	☐	☐	☐	☐	☐

Adapté et traduit du SMQ II, Science Motivation Questionnaire © 2011 Shawn M. Glynn. UNIVERSITY OF GEORGIA. USA

CONSIGNES :

- LIS ATTENTIVEMENT LE TEXTE CI-DESSOUS :

La pollution par le plastique

La pollution par le plastique est un problème environnemental qui touche différents pays, dont le Canada. L'enjeu est de taille : on estime à 8 millions de tonnes la quantité de déchets plastiques déversés chaque année dans les eaux de la planète Terre. Il n'y a absolument aucun doute qu'après les changements climatiques, la question de la pollution plastique est le problème environnemental le plus grave de notre époque, à tel point que les scientifiques n'hésitent plus à appeler cette ère géologique, « l'âge des plastiques ».

Le plastique est un type de matériau produit en général à partir du pétrole. Les caractéristiques des plastiques sont très variées : ils sont durs, solides ou souples, durables, résistants à la chaleur ou aux chocs. Ils sont très utilisés par l'industrie pour produire un grand nombre d'objets de consommation comme les tablettes numériques, les téléphones cellulaires, les sacs, les bouteilles, les emballages ou les stylos à bille. Cependant, c'est surtout la *surconsommation* du plastique est la principale cause de ce type de pollution. Selon les organisations écologistes comme Greenpeace, environ 8,3 milliards de tonnes de plastique ont été produites depuis les années 1950, ce qui représente le poids d'environ un milliard d'éléphants ou 47 millions de baleines bleues.

Les déchets plastiques, constituent une menace sérieuse pour nos océans, nos lacs et nos rivières. Les animaux marins peuvent s'entremêler dans ces ordures ou essayer de les manger et subir des conséquences mortelles. Les microplastiques (des morceaux de plastique minuscules qui font moins de 5 millimètres) peuvent être consommés par de petits organismes et se répandre dans l'ensemble de la chaîne alimentaire.

Non seulement le plastique endommage l'océan, mais il peut également endommager les sources d'eaux souterraines. Les toxines plastiques des décharges et des déchets peuvent s'infiltrer dans les eaux souterraines et polluer, par conséquent, l'eau que nous buvons tous les jours.

La pollution atmosphérique est un autre problème pour les humains et les animaux. Lorsque le plastique est brûlé à l'air libre, il libère de grandes quantités de toxines qui polluent l'air. Si les toxines sont inhalées pendant une longue période, cela peut entraîner de graves problèmes respiratoires.

Au même titre que les changements climatiques, la pollution par le plastique est un problème mondial qui nécessite des mesures à tous les niveaux.



• RÉPONDONS AUX QUATRE QUESTIONS SUIVANTES :

1) Décris, avec tes propres mots, le problème environnemental proposé dans le texte ci-dessus

2) Identifie le plus grand nombre possible de solutions réalistes qui pourraient aider à résoudre le problème environnemental en question

3) Parmi les solutions que tu as suggérées dans la question numéro 2, choisis-en trois qui te paraissent les plus prometteuses. Explique pourquoi il te semble qu'elles sont les meilleures à adopter

4) Choisis une des trois solutions que tu as proposées dans la question numéro 3. Puis, explique quelle démarche tu pourrais adopter pour vérifier si elle fonctionne ou si elle est inefficace. Cette démarche devrait comporter au moins trois étapes.

Étape 1 :

Étape 2 :

Étape 3 :

Autres étapes (?)

QUESTIONNAIRES DE MOTIVATION EN ST ET DE RÉOLUTION DE PROBLÈMES EN
CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL (POST-TEST)

CAHIER DE L'ÉLÈVE
SCIENCE ET TECHNOLOGIE

NOM ET PRÉNOM : _____

CLASSE : _____

ÂGE : _____

NIVEAU SCOLAIRE : _____

GENRE : Je suis un garçon ☐

Je suis une fille ☐

Je préfère ne pas répondre ☐

QUESTIONNAIRE SUR LA MOTIVATION EN S&T

Consignes importantes (à lire pour tout le groupe) :

Afin de mieux comprendre ce que tu penses et tu ressens à l'égard des apprentissages en science et technologie, tu devras indiquer à quel point tu es en accord ou en désaccord avec chaque énoncé. Ceci n'est pas un examen! Tes réponses doivent être vraies (authentiques) et elles ne seront pas montrées à ton enseignant ou à d'autres adultes que les chercheurs.

Démarche à suivre :

1- Ne coche qu'une seule des cinq options pour chaque question sur l'échelle à 5 niveaux entre « fortement en désaccord » et « fortement en accord »;

2- Réponds à toutes les affirmations (il y en a 10);

Certaines affirmations peuvent sembler répétitives, mais elles sont toutes importantes.

L'acronyme S&T veut dire : science et technologie.

	Fortement en désaccord	En désaccord	Ni en désaccord, ni en accord	En accord	Fortement en accord
1. J'aime apprendre les S&T.	☐	☐	☐	☐	☐
2. Les connaissances en S&T que j'apprends à l'école sont en lien avec ma vie.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Apprendre les S&T m'aide à donner un sens à ma vie.	☐	☐	☐	☐	☐
4. Je suis curieux(se) en ce qui concerne les découvertes scientifiques et technologiques.	☐	☐	☐	☐	☐
5. Avoir de bonnes notes en S&T est important pour moi.	☐	☐	☐	☐	☐
6. Il est important que j'obtienne la meilleure note possible en S&T.	☐	☐	☐	☐	☐
7. J'aime être meilleur(e) que les autres dans les examens en S&T.	☐	☐	☐	☐	☐
8. Apprendre les S&T me permettra de décrocher un bon emploi.	☐	☐	☐	☐	☐
9. Ma carrière future aura un lien avec les S&T.	☐	☐	☐	☐	☐
10. J'utiliserai les habiletés de résolution de problème que je développe en S&T dans ma carrière.	☐	☐	☐	☐	☐

Adapté et traduit du SMQ II, Science Motivation Questionnaire © 2011 Shawn M. Glynn. UNIVERSITY OF GEORGIA. USA

CONSIGNES :

- LIS ATTENTIVEMENT LE TEXTE CI-DESSOUS :

Le béluga du Saint-Laurent : une population en voie d'extinction

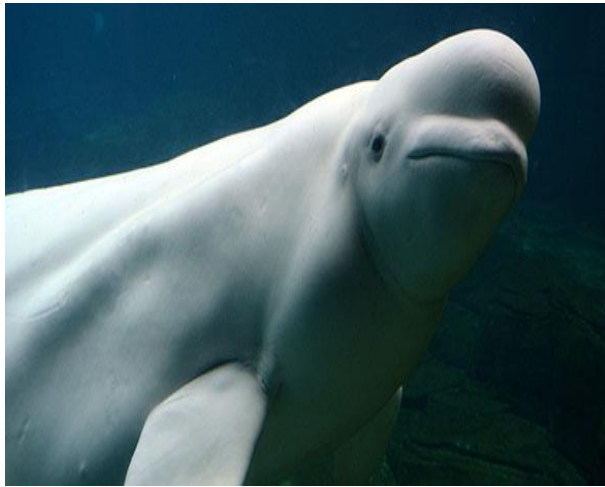
Au Canada, sept populations de bélugas existent. Le béluga du Saint-Laurent est une de celles-là. Elle est cependant complètement isolée des autres populations de bélugas. C'est celle dont l'habitat se situe le plus au sud. Les autres populations de cette espèce de cétagé habitent surtout au nord du Québec, dans les eaux arctiques et subarctiques.

Contrairement à d'autres mammifères marins, le béluga est muni de dents. Il mange des crustacés, des poissons, des vers et des pieuvres. Ce mammifère peut manger jusqu'à 3% de son propre poids par jour, soit environ 30kg de nourriture! Il peut vivre près de 60 ans. De 10 à 40 ans, une femelle peut avoir des petits, qui sont appelés veaux. Ceux-ci resteront sous la protection de la mère pendant deux ans. Celle-ci peut mettre au monde un veau à tous les trois ans, après une gestation de 15 mois. Comme ce taux de reproduction est assez faible, et il est difficile pour une population d'augmenter son nombre d'individus.

Au Québec, le béluga du Saint-Laurent a été chassé jusqu'en 1979. À cette date, il n'en restait plus que 1000, ce qui est un très petit nombre. Par la suite, le béluga est vite devenu menacé par l'exploitation des ressources et la contamination de l'eau par des polluants. En effet, par son alimentation, le béluga peut emmagasiner dans sa chair beaucoup de polluants, car son espérance de vie est longue. De plus, ce mammifère marin se nourrit d'espèces assez grosses qui ont elles-mêmes accumulé dans leurs tissus différents polluants chimiques présents dans l'eau.

Le BPC (biphényle polychloré) est un polluant très persistant qui a menacé le béluga du Saint-Laurent. Il a été utilisé jusqu'au milieu des années 1980. Depuis quelques années, on en retrouve toutefois beaucoup moins dans la chair des bélugas. Les lois interdisant le déversement de ce polluant dans le Saint-Laurent auront donc eu des effets positifs.

Aujourd'hui, le béluga du Saint-Laurent est considéré comme une espèce marine en voie d'extinction. Des mesures sont prises pour sa protection, mais certaines activités humaines le menacent toujours. Certains chercheurs sont plutôt pessimistes pour l'avenir de cette population, mais d'autres refusent de baisser les bras et exigent davantage de mesures de protection.



Source du texte :

https://www.pistes.fse.ulaval.ca/fichiers/site_pistes/documents/version/2756/CahierDeLEleve2.pdf

- RÉPONDS AUX QUATRE QUESTIONS SUIVANTES :

1) Décris, avec tes propres mots, le problème environnemental proposé dans le texte ci-dessus.

2) Identifie le plus grand nombre possible de solutions réalistes qui pourraient aider à résoudre le problème environnemental en question.

- 3) Parmi les solutions que tu as suggérées dans la question numéro 2, choisis-en trois qui te paraissent les plus prometteuses. Explique pourquoi il te semble qu'elles sont les meilleures à adopter.

- 4- Choisis une des trois solutions que tu as proposées dans la question numéro 3. Puis, explique quelle démarche tu pourrais adopter pour vérifier si elle fonctionne ou si elle est inefficace. Cette démarche devrait comporter au moins trois étapes.

Étape 1 :

Étape 2 :

Étape 3 :

Autres étapes (?) :

GRILLE D'ÉVALUATION DESCRIPTIVE

Critères - Éléments favorisant leur compréhension		A	B	C	D	E
Pondération		5/5	4/5	3/5	2/5	1/5
Cr1 Description adéquate du problème	Reformuler le problème (cf. question 1)	Reformule le problème ou cerne la problématique de façon claire et complète.	Reformule le problème ou cerne la problématique en tenant compte de la plupart des éléments pertinents.	Reformule partiellement les éléments du problème.	Présente le problème en faisant surtout référence à des éléments non pertinents.	Présente des éléments isolés et non pertinents en guise de reformulation du problème.
Cr2 Élaboration d'explications pertinentes ou de solutions réalistes	Formuler un grand nombre de solutions réalistes (cf. question 2)	Propose un grand nombre de solutions pertinentes et réalistes (4 et plus) qui tiennent compte des caractéristiques du problème à résoudre.	Propose au moins trois solutions pertinentes et réalistes qui tiennent compte des caractéristiques du problème à résoudre	Propose au moins deux solutions pertinentes pour résoudre le problème environnemental en question.	Propose une solution pertinente pour résoudre le problème environnemental en question.	Les solutions formulées ne sont pas pertinentes pour résoudre le problème environnemental en question.
Cr3 Justification des explications ou solutions	Sélectionner trois solutions prometteuses et les justifier (cf. question 3)	Sélectionne les solutions les plus prometteuses et les justifie avec précision.	Sélectionne les solutions les plus prometteuses. Certaines justifications manquent de précision.	Sélectionne les solutions les plus prometteuses. La plupart des justifications manquent de précision.	Sélectionne les solutions les plus prometteuses mais leur justification n'est pas pertinente.	Sélectionne les solutions les plus prometteuses. Ne justifie pas les solutions choisies.
Cr4 Utilisation d'une démarche appropriée à la nature du problème ou de la problématique	Sélectionner une solution et planifier sa démarche (cf. question 4)	Planifie sa démarche de façon rigoureuse.	Planifie correctement les étapes de sa démarche.	Planifie partiellement sa démarche. La planification peut comporter des oublis ou certains éléments ne sont pas clairs.	Planifie une démarche incomplète, non organisée et difficile à comprendre.	Planifie une démarche incohérente.

ANNEXE B

ACTIVITÉ D'APPRENTISSAGE DU GROUPE TÉMOIN

CAHIER DE L'ÉLÈVE

SCIENCE ET TECHNOLOGIE

NOM ET PRÉNOM : _____

CLASSE : _____

ÂGE : _____

NIVEAU SCOLAIRE : _____

GENRE : Je suis un garçon

☐

Je suis une fille

☐

Je préfère ne pas répondre

☐

CONSIGNES :

Choisis, parmi la liste ci-dessous, une espèce végétale ou animale exotique envahissante au Québec. Puis, fais une recherche sur l'espèce que tu as choisie et complète la fiche concernant ses principales caractéristiques, son impact sur la biodiversité et/ou la santé humaine et les solutions à adopter pour éviter son introduction et sa propagation dans l'environnement.

Tableau 1. Liste d'espèces végétales et animales exotiques envahissantes au Québec

Nom français	Nom latin	Image
Roseau commun	<i>Phragmites australis</i> subsp. <i>australis</i>	
Renouée du Japon	<i>Reynoutria japonica</i>	
Érable de Norvège	<i>Acer platanoides</i>	
Châtaigne d'eau	<i>Trapa natans</i>	

Berce du Caucase	<i>Heracleum mantegazzianum</i>	
Crabe chinois à mitaines	<i>Eriocheir sinensis</i>	
Moules zébrées	<i>Dreissena polymorpha</i>	
Gobie à taches noires	<i>Neogobius melanostomus</i>	
Coccinelle asiatique	<i>Harmonia axyridis</i> Pallas	
Sanglier	<i>Sus scrofa</i>	

Fiche à compléter sur l'espèce exotique envahissante choisie

1- Quel est le nom de ton espèce exotique envahissante ?

2- Où cette espèce se retrouvait-elle au départ ?

3- Où la retrouve-t-on présentement ?

4- Décrivez comment l'espèce se reproduit.

5- Quel est l'impact de son introduction sur la biodiversité et/ou la santé de l'homme ?

6- Quelles sont les meilleures solutions à adopter pour empêcher sa propagation ?

LIS ATTENTIVEMENT LE DOCUMENT CI-DESSOUS :

Impact des pesticides sur la biodiversité et la santé de l'humain

La biodiversité désigne la diversité de la vie sur Terre. Elle est définie par les scientifiques selon trois niveaux : la diversité des espèces, la diversité génétique ainsi que la diversité des milieux et des écosystèmes.

La biodiversité est cruciale puisqu'elle nous fournit des remèdes naturels pour se guérir et des aliments pour se nourrir. De plus, elle permet de réguler le climat : les forêts, les terres humides et d'autres habitats préservés nous aident à contrôler les gaz à effet de serre comme le dioxyde de carbone et à réduire l'impact des inondations et des sécheresses.

Afin de maximiser leur rendement agricole, les agriculteurs utilisent souvent des pesticides. Ce sont des produits qui sont employés pour la prévention, le contrôle ou l'élimination d'organismes jugés indésirables tels des plantes, des animaux (insectes, acariens ...), des champignons ou des bactéries. Les pesticides peuvent toutefois être classés en fonction de l'espèce qu'ils combattent et de leur activité :

- les herbicides contre les mauvaises herbes
- les fongicides contre les champignons
- les insecticides contre les insectes

Cependant, l'utilisation des pesticides peut causer la pollution des sols, de l'air et des eaux, entraînant ainsi la disparition de nombreuses espèces végétales et animales. Par exemple, en Bretagne, l'utilisation intensive d'engrais contenant des nitrates pour l'agriculture peut provoquer l'augmentation du nombre d'algues vertes sur les plages, qui asphyxient (qui « étouffent », en quelque sorte) la vie aquatique, aboutissant à la destruction de l'ensemble de l'écosystème.

Lorsque nous parlons de l'appauvrissement de la biodiversité, un sujet majeur de préoccupation émerge : celui de la disparition des abeilles ainsi que de tous les insectes pollinisateurs comme les bourdons et les papillons. En effet, l'abeille est l'emblème de la biodiversité puisqu'elle pollinise plus de 80% des espèces de plantes, qui sont d'ailleurs nécessaires à notre alimentation ou à celle des animaux que nous élevons.

Les oiseaux, les invertébrés terrestres, dont les vers de terre et les invertébrés aquatiques comme les gastéropodes d'eau douce, les poissons et les amphibiens, sont également menacés de disparition suite à l'utilisation accrue de pesticides.

De plus, l'utilisation des produits chimiques polluants peut avoir des effets néfastes sur la santé des humains. En effet, les personnes exposées aux pesticides sont plus à risque de développer certains symptômes comme une irritation et picotement des yeux, des nausées et vomissements, une sensation transitoire de faiblesse, une brûlure de la peau et des troubles gastriques légers. L'inhalation momentanée ou prolongée de pesticides peut être également à l'origine de problèmes respiratoires ou de l'apparition de certaines maladies graves comme le cancer, la maladie de Parkinson et les leucémies.

Les pesticides sont utilisés depuis des décennies, souvent de façon irresponsable, entraînant de graves conséquences pour l'environnement et l'humain. Il est possible que nous ne voyions actuellement que la pointe de l'iceberg. Cependant, il s'avère urgent et crucial de prévenir et contrôler l'utilisation de ces produits chimiques polluants afin de préserver la biodiversité sur notre planète.



ANNEXE C

FORMULAIRES D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT



FORMULAIRE DE CONSENTEMENT- *Groupe expérimental* Parent / représentant légal d'une personne mineure

Titre du projet de recherche

Impact des jeux sérieux sur la compétence de résolution de problèmes environnementaux et sur la motivation des élèves du primaire en science et technologie

Identification

Chercheure responsable du projet : Ranwa Manneh

Programme d'étude : Maîtrise en éducation (profil recherche, concentration éducation et pédagogie)

Téléphone : (438) 523-9558

Adresse courriel : manneh.ranwa@courrier.uqam.ca

Directeur de recherche : Pascal Ndinga

Professeur et directeur du département d'éducation et pédagogie (DEP)

Téléphone : (514) 987-3000 (poste 8581)

Adresse courriel : ndinga.pascal@uqam.ca

Codirecteur de recherche : Patrice Potvin

Professeur au département de didactique

Téléphone : (514) 987-3000 (poste 1290)

Adresse courriel : potvin.patrice@uqam.ca

Préambule

Nous sollicitons la participation de votre enfant à un projet de recherche visant à étudier l'effet d'un jeu numérique sur la compétence de résolution de problèmes dans un contexte environnemental et sur la motivation des élèves en science et technologie. La direction de l'école de votre enfant ainsi que son enseignant.e ont également donné leur accord à ce projet. La participation de votre enfant favorisera l'avancement des connaissances dans le domaine de la science et technologie.

Avant d'accepter qu'il participe à ce projet et de signer ce formulaire d'information et de consentement à titre de parent / représentant légal de votre enfant, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire de consentement vous explique le but de cette étude, les procédures, les avantages et les risques, de même que les personnes avec qui communiquer au besoin.

Le présent formulaire de consentement peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles.

Tâches demandées au participant.e

La participation pour laquelle nous sollicitons votre accord consiste à :

- Compléter en classe un questionnaire sur la motivation à apprendre les sciences et technologies et un autre sur la compétence de résolution de problèmes dans un contexte environnemental. Plus spécifiquement, l'élève sera appelé, en premier lieu, à répondre à certaines affirmations concernant la motivation à apprendre les sciences et technologie. En deuxième lieu, il aura à lire un texte portant sur un enjeu environnemental et à répondre à quelques questions afin de résoudre le problème écologique proposé. Le temps requis pour remplir les deux questionnaires est d'environ 40 minutes.
- Manipuler le jeu numérique intitulé « Nowatera » dans le laboratoire informatique de l'école au cours de deux séances de jeu. La durée de chaque séance de jeu est de 45 minutes. Ce jeu numérique propose de nombreuses missions de causes et conséquences en cascade menant à des problèmes environnementaux sur une planète imaginaire : NOWATERA. En se référant aux propos d'experts scientifiques ainsi que les documents de la base de données, l'élève pourra opter pour la meilleure solution à adopter en vue de résoudre le problème écologique

proposé dans chaque scénario.

La passation des deux questionnaires et la manipulation du jeu numérique se feront durant les heures normales de l'école, avec l'autorisation de l'enseignant ou de l'enseignante de votre enfant, afin de s'assurer que votre enfant ne subira aucun retard dans ses activités scolaires en raison de sa participation.

Afin que votre enfant participe à ce projet, nous avons besoin non seulement de son accord, mais aussi du vôtre. Dans le cas d'un refus de votre part, votre enfant ne sera ni invité à remplir les questionnaires ni à participer au jeu numérique.

Avantages, risques liés à la participation

Il se peut que votre enfant retire un bénéfice personnel de sa participation à ce projet de recherche, mais nous ne pouvons vous l'assurer. Par ailleurs, les résultats obtenus contribueront à l'avancement des connaissances au sujet de l'apprentissage des sciences et technologie et de l'utilisation du numérique en classe, notamment au primaire.

Il est entendu qu'aucune compensation d'ordre monétaire n'est attribuée aux personnes qui participent à ce projet.

De plus, aucun risque sur la santé de votre enfant associé à sa participation à ce projet ne se présente. Les questions posées à votre enfant concernent strictement la compétence de résolution de problèmes et la motivation en science et technologie.

Participation volontaire et possibilité de retrait

La participation de votre enfant à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser qu'il y participe. Vous pouvez également le retirer de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en faisant connaître votre décision à la chercheuse responsable de ce projet. Votre enfant peut également choisir de se retirer de ce projet de son propre chef, sans justification et sans pénalité d'aucune forme, et ce nonobstant votre consentement. Toutes les données le concernant seront détruites.

Votre accord à participer implique également que vous acceptez que l'équipe de recherche puisse utiliser aux fins de la présente recherche (mémoires, articles, conférences et communications scientifiques) les renseignements recueillis à la condition qu'aucune information permettant d'identifier votre enfant ne soit divulguée publiquement à moins d'un consentement explicite de votre part.

Confidentialité

Il est entendu que les renseignements recueillis à l'aide des questionnaires sont confidentiels et que seuls la responsable du projet, Ranwa Manneh, et sa direction de recherche, Pascal Ndinga et

Patrice Potvin, auront accès aux données. Les données recueillies seront conservées sous clé à l'Université du Québec à Montréal.

En outre, le nom ou toute autre information pouvant permettre d'identifier les élèves ou leur école ne paraîtront en aucun cas dans les documents de diffusion des résultats. Cette diffusion se fera dans le cadre de la production scientifique habituelle : mémoire de la responsable du projet de recherche, articles et communications. Le matériel de recherche (questionnaire) ainsi que votre formulaire de consentement seront conservés séparément sous clé à l'Université du Québec à Montréal par la responsable du projet pour la durée totale de celui-ci. Ils seront détruits 1 an après la dernière publication. Les données ne seront pas utilisées à d'autres fins que celles décrites dans le présent document.

Des questions sur le projet ?

Vous pouvez contacter la responsable du projet par courriel à : manneh.ranwa@courrier.uqam.ca pour des questions additionnelles sur le projet. Vous pouvez également discuter avec les directeurs de recherche Pascal Ndinga et Patrice Potvin des conditions dans lesquelles se déroule votre participation et de vos droits en tant que participant de recherche.

Le projet auquel vous allez participer a été approuvé sur le plan de l'éthique de la recherche avec des êtres humains. Pour toute question ne pouvant être adressée à la direction de recherche ou pour formuler une plainte ou des commentaires, vous pouvez contacter le Président du Comité d'éthique de la recherche pour étudiants (CÉRPÉ), par l'intermédiaire de son secrétariat au numéro XXXXXX.

Remerciements

Votre collaboration et celle de votre enfant sont essentielles à la réalisation de notre projet et nous tenons à vous en remercier.

**AUTORISATION PARENTALE
-COUPON-RÉPONSE-**

À détacher, remplir, signer et ramener à l'enseignant ou l'enseignante de votre enfant.

Conservez les pages d'information

J'ai lu et compris le document d'information au sujet du projet de recherche suivant :

Impact des jeux sérieux sur la compétence de résolution de problèmes environnementaux et sur la motivation des élèves du primaire en science et technologie

Je reconnais aussi que la responsable du projet a répondu à mes questions de manière satisfaisante, et que j'ai disposé de suffisamment de temps pour discuter avec mon enfant de la nature et des implications de sa participation. Je comprends que sa participation à cette recherche est totalement volontaire et qu'il peut y mettre fin en tout temps, sans pénalité d'aucune forme, ni justification à donner. Je peux également décider en tout temps, pour des motifs que je n'ai pas à justifier, de retirer mon enfant du projet. Il nous suffit d'en informer la chercheuse.

☐

J'accepte librement que mon enfant participe à ce projet.

☐

Je n'accepte pas que mon enfant participe au projet.

Identification et signature

Nom de l'élève [svp écrire lisiblement]: _____

Signature du parent/tuteur: _____ Date: _____

Signature de la responsable du projet : _____ Date : _____

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT – *Groupe témoin*
Parent / représentant légal d'une personne mineure



Titre du projet de recherche

Impact des jeux sérieux sur la compétence de résolution de problèmes environnementaux et sur la motivation des élèves du primaire en science et technologie

Identification

Chercheure responsable du projet : Ranwa Manneh

Programme d'étude : Maîtrise en éducation (profil recherche, concentration éducation et pédagogie)

Téléphone : (438) 523-9558

Adresse courriel : manneh.ranwa@courrier.uqam.ca

Directeur de recherche : Pascal Ndinga

Professeur et directeur du département d'éducation et pédagogie (DEP)

Téléphone : (514) 987-3000 (poste 8581)

Adresse courriel : ndinga.pascal@uqam.ca

Codirecteur de recherche : Patrice Potvin

Professeur au département de didactique

Téléphone : (514) 987-3000 (poste 1290)

Adresse courriel : potvin.patrice@uqam.ca

Préambule

Nous sollicitons la participation de votre enfant à un projet de recherche visant à étudier l'effet d'un jeu numérique sur la compétence de résolution de problèmes dans un contexte environnemental et sur la motivation des élèves en science et technologie. La direction de l'école de votre enfant ainsi que son enseignant.e ont également donné leur accord à ce projet. La participation de votre enfant favorisera l'avancement des connaissances dans le domaine de la

science et technologie.

Avant d'accepter qu'il participe à ce projet et de signer ce formulaire d'information et de consentement à titre de parent / représentant légal de votre enfant, veuillez prendre le temps de lire, de comprendre et de considérer attentivement les renseignements qui suivent.

Ce formulaire de consentement vous explique le but de cette étude, les procédures, les avantages et les risques, de même que les personnes avec qui communiquer au besoin.

Le présent formulaire de consentement peut contenir des mots que vous ne comprenez pas. Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles.

Tâches demandées au participant.e

La participation pour laquelle nous sollicitons votre accord consiste à :

- Compléter en classe un questionnaire sur la motivation à apprendre les sciences et technologies et un autre sur la compétence de résolution de problèmes dans un contexte environnemental. Plus spécifiquement, l'élève sera appelé, en premier lieu, à répondre à certaines affirmations concernant la motivation à apprendre les sciences et technologie. En deuxième lieu, il aura à lire un texte portant sur un enjeu environnemental et à répondre à quelques questions afin de résoudre le problème écologique proposé. Le temps requis pour remplir les deux questionnaires est d'environ 40 minutes.
- Réaliser une activité d'apprentissage portant sur l'impact de certaines activités humaines sur la biodiversité et la santé. Cette activité s'étend sur deux séances de 45 min chacune (durée totale de 90 min) et comprend :
 - Une projection d'un court film sur la biodiversité suivie par une discussion orale sur les avantages de la biodiversité et les conséquences des activités humaines sur l'environnement et la santé.
 - Une recherche sur le web, en équipe de deux, sur une seule espèce végétale ou animale exotique envahissante au Québec, choisie parmi la liste d'espèces proposées et une fiche à compléter, sur ses principales caractéristiques, son impact sur la biodiversité et la santé humaine et les solutions à adopter pour éviter son introduction et sa propagation dans l'environnement.
 - Une lecture d'un document scientifique portant sur l'impact des pesticides sur la biodiversité et la santé de l'humain suivie par un débat oral en vue de choisir la meilleure solution à adopter pour réduire l'utilisation de ces produits chimiques polluants.

La passation des questionnaires et la réalisation de l'activité d'apprentissage se feront durant les heures normales de l'école, avec l'autorisation de l'enseignant ou de l'enseignante de votre enfant, afin de s'assurer que votre enfant ne subira aucun retard dans ses activités scolaires en raison de sa participation.

Afin que votre enfant participe à ce projet, nous avons besoin non seulement de son accord, mais aussi du vôtre. Dans le cas d'un refus de votre part, votre enfant ne sera ni invité à remplir les questionnaires ni à effectuer l'activité d'apprentissage.

Avantages, risques liés à la participation

Il se peut que votre enfant retire un bénéfice personnel de sa participation à ce projet de recherche, mais nous ne pouvons vous l'assurer. Par ailleurs, les résultats obtenus contribueront à l'avancement des connaissances au sujet de l'apprentissage des sciences et technologie, notamment au primaire.

Il est entendu qu'aucune compensation d'ordre monétaire n'est attribuée aux personnes qui participent à ce projet.

De plus, aucun risque sur la santé de votre enfant associé à sa participation à ce projet ne se présente. Les questions posées à votre enfant concernent strictement la compétence de résolution de problèmes et la motivation en science et technologie.

Participation volontaire et possibilité de retrait

La participation de votre enfant à ce projet de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser qu'il y participe. Vous pouvez également le retirer de ce projet à n'importe quel moment, sans avoir à donner de raisons, en faisant connaître votre décision à la chercheuse responsable de ce projet. Votre enfant peut également choisir de se retirer de ce projet de son propre chef, sans justification et sans pénalité d'aucune forme, et ce nonobstant votre consentement. Toutes les données le concernant seront détruites.

Votre accord à participer implique également que vous acceptez que l'équipe de recherche puisse utiliser aux fins de la présente recherche (mémoires, articles, conférences et communications scientifiques) les renseignements recueillis à la condition qu'aucune information permettant d'identifier votre enfant ne soit divulguée publiquement à moins d'un consentement explicite de votre part.

Confidentialité

Il est entendu que les renseignements recueillis à l'aide des questionnaires sont confidentiels et que seuls la responsable du projet, Ranwa Manneh, et sa direction de recherche, Pascal Ndinga et Patrice Potvin, auront accès aux données. Les données recueillies seront conservées sous clé à l'Université du Québec à Montréal.

En outre, le nom ou toute autre information pouvant permettre d'identifier les élèves ou leur école ne paraîtront en aucun cas dans les documents de diffusion des résultats. Cette diffusion se fera dans le cadre de la production scientifique habituelle : mémoire de la responsable du projet de recherche, articles et communications. Le matériel de recherche (questionnaire) ainsi que votre formulaire de consentement seront conservés séparément sous clé à l'Université du Québec à Montréal par la responsable du projet pour la durée totale de celui-ci. Ils seront détruits 1 an après la dernière publication. Les données ne seront pas utilisées à d'autres fins que celles décrites dans le présent document.

Des questions sur le projet ?

Vous pouvez contacter la responsable du projet par courriel à : manneh.ranwa@courrier.ugam.ca pour des questions additionnelles sur le projet. Vous pouvez également discuter avec les directeurs de recherche Pascal Ndinga et Patrice Potvin des conditions dans lesquelles se déroule votre participation et de vos droits en tant que participant de recherche.

Le projet auquel vous allez participer a été approuvé sur le plan de l'éthique de la recherche avec des êtres humains. Pour toute question ne pouvant être adressée à la direction de recherche ou pour formuler une plainte ou des commentaires, vous pouvez contacter le Président du Comité d'éthique de la recherche pour étudiants (CÉRPÉ), par l'intermédiaire de son secrétariat au numéro XXXXXX.

Remerciements

Votre collaboration et celle de votre enfant sont essentielles à la réalisation de notre projet et nous tenons à vous en remercier.

**AUTORISATION PARENTALE
-COUPON-RÉPONSE-**

À détacher, remplir, signer et ramener à l'enseignant ou l'enseignante de votre enfant.

Conservez les pages d'information

J'ai lu et compris le document d'information au sujet du projet de recherche suivant :

Impact des jeux sérieux sur la compétence de résolution de problèmes environnementaux et sur la motivation des élèves du primaire en science et technologie

Je reconnais aussi que la responsable du projet a répondu à mes questions de manière satisfaisante, et que j'ai disposé de suffisamment de temps pour discuter avec mon enfant de la nature et des implications de sa participation. Je comprends que sa participation à cette recherche est totalement volontaire et qu'il peut y mettre fin en tout temps, sans pénalité d'aucune forme, ni justification à donner. Je peux également décider en tout temps, pour des motifs que je n' ai pas à justifier, de retirer mon enfant du projet. Il nous suffit d'en informer la chercheure.

☐

J'accepte librement que mon enfant participe à ce projet.

☐

Je n'accepte pas que mon enfant participe au projet.

Identification et signature

Nom de l'élève [svp écrire lisiblement]: _____

Signature du parent/tuteur: _____ Date: _____

Signature de la responsable du projet : _____ Date : _____

RÉFÉRENCES

- Abt, C. C. (1970). *Serious Games*. University Press of America.
- Agence Parcs Canada. (2018). *Pourquoi la biodiversité est-elle importante? Parc national des Hautes-Terres-du-Cap-Breton*. Gouvernement du Canada. <https://www.pc.gc.ca/fr/pn-np/ns/cbreton/decouvrir-discover/conservation/eep-sar/biodiversite-biodiversity>
- Albanese, M.A. et Mitchell S (1993). Problem-based Learning: A review of Literature on its outcomes and implementation Issues. *Acad. Med.*, 68(1): 52-81
- Alvarez, J. (2007). *Du jeu vidéo au serious game : approches culturelle, pragmatique et formelle*, Université de Toulouse-le-Mirail.
- Amory, A. (2010). Learning to play games or playing games to learn? A health education case study with Soweto teenagers. *Australasian Journal of Educational Technology*, 26(6), 810–829.
- Andrew, S. (1998). Self-efficacy as a predictor of academic performance in science. *Journal of Advanced Nursing*, 27, 596–603.
- Arnab, S., Lim, T., Carvalho, M. B., Bellotti, F., de Freitas, S., Louchart, S., Suttie, N., Berta, R. et De Gloria, A. (2015). Mapping learning and game mechanics for serious games analysis: Mapping learning and game mechanics. *British Journal of Educational Technology*, 46(2), 391-411. <https://doi.org/10.1111/bjet.12113>
- Bain, C. et Newton, C. (2003). Art Games Pre-Service Art Educators Construct Learning Experiences for the Elementary Art Classroom. *Art Education*, 56(5), 33-40.
- Bandura. A. (2003). *Auto-efficacité. Le sentiment d'efficacité personnelle*, Paris : Éditions De Boeck Université.
- Barab, S.; Dodge, T.; Ingram-Goble (2006), *A. Reflexive Play Spaces: A 21st Century Pedagogy*. In Proceedings of the Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL, USA.
- Barma, S., Power, M., et Daniel, S. (2010). « Réalité augmentée et jeu mobile pour une éducation aux sciences et à la technologie », dans Actes du colloque scientifique Ludovia, Interactivité/interactions–Enjeux relationnels. <https://doi.org/10.1080/00043125.2003.11654347>
- Bayir, E. (2014). Developing and playing chemistry games to learn about elements, compounds, and the periodic table: Elemental periodica, compoundica, and groupica. *Journal of Chemical Education*, 91(4), 531-535. doi: 10.1021/ed4002249.

- Beery, T., Chawla, L. et Levin, P. (2020). Being and Becoming in Nature: Defining and Measuring Connection to Nature in Young Children. *International Journal of Environmental Education*, 7(3), 3-22
- Berry, V. (2011). « Jouer pour apprendre : est-ce bien sérieux? Réflexions théoriques sur les relations entre jeu (vidéo) et apprentissage », *Canadian Journal of Learning and Technology/La Revue canadienne de l'apprentissage et de La technologie*, 37 (2).
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals: Handbook I, cognitive domain* (B. S. Bloom, Ed.). Longmans.
- Blumenfeld, P. C., Kempler, T. M. et Krajcik, J. S. (2005). Motivation and Cognitive Engagement in Learning Environments. Dans R. K. Sawyer (dir.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (1re éd., p. 475-488). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816833.029>
- Borg, W. R. et Gall, M. D. (1989). *Educational research: An introduction*. New York, NJ: Longman, 5th edition.
- Bouchard, C., Charron, A., Bigras, N., Lemay, L., et Landry, S. (2015) « Conclusion. Le jeu en jeu et ses enjeux en contextes éducatifs pendant la petite enfance », dans Colloque 514 - *Le jeu en contextes éducatifs pendant la petite enfance*, p. 139.
- Bouris R, Creel H, Stoutz B (1998). *Improving student motivation in secondary mathematics by the use of cooperative learning*. Master's Action Research Project, Saint Xavier University and IRI/Skylight. <http://www.eric.ed.gov> February 24, 2005.
- Boutard, A. (2004). *Les problèmes environnementaux*. Notes de cours. ENV7801: L'environnement: savoirs et stratégies, Programme court de 2^e cycle en éducation relative à l'environnement, Montréal, Université du Québec à Montréal.
- Boutet, M., Gadbois, A., Samson, G., Bah, M. B. et Diallo, K. N. (2016). Analyse d'une démarche de résolution de problèmes environnementaux en République de Guinée. *Éducation relative à l'environnement : regards - Recherches - Réflexions*, 13(2). <https://www.erudit.org/fr/revues/ere/2016-v13-n2-ere04029/1052541ar/>
- Boyle, E. A., Hainey, T., Connolly, T. M., Gray, G., Earp, J., Ott, M., Lim, T., Ninaus, M., Ribeiro, C. et Pereira, J. (2016). An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games. *Computers & Education*, 94, 178-192. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.003>
- Brooker, E., Blaise, M., & Edwards, S. (2014). « SAGE Handbook of Play and Learning » dans *Early Childhood*, Sage.
- Brophy, J. (1999). Toward a model of the value aspect of motivation in education : developing appreciation for particular learning domains and activities. *Educational Psychologist*, 34(2), 75-85. <http://doi.org/10.1207/s15326985ep3402>

- Burghardt, G. M. (2005). *The genesis of animal play: Testing the limits*. The Mit Press.
- CEFRIO (2020). *Enquêtes NETendances, 2019 : présence des jeunes devant l'écran et sur Internet – Premières données disponibles*.
- Centre ERE (2018). *Stratégie québécoise d'éducation en matière d'environnement et d'écocitoyenneté*. Université du Québec à Montréal.
- Changeiywo, J. M., Wambugu, P. W., et Wachanga, S. W. (2011). Investigations of Students' Motivation Towards Learning Secondary School Physics through Mastery Learning Approach. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9 (6), 1333–1350.
- Chapman DW (2000). Designing problems for motivation and engagement in the PBL classroom. *J. Excellence in College Teaching*, 11(2): 73-82.
<http://ject.lib.muohw.edu/contents/article.php?article=219> 3/3/2003
- Charland, P. (2007). La triade science, technologie et environnement : nouveaux enjeux théoriques curriculaires et pédagogiques. *Éducation relative à l'environnement. Regards - Recherches - Réflexions*, (Volume 6). <https://doi.org/10.4000/ere.3935>
- Charland, P., Potvin, P. et Riopel, M. (2010). L'éducation relative à l'environnement en enseignement des sciences et de la technologie : une contribution pour mieux Vivre ensemble sur Terre. *Éducation et francophonie*, 37(2), 63-78.
<https://doi.org/10.7202/038816ar>
- Charlier, N., Ott, M., Remmele, B., Whitton, N. (2012) « Not Just for Children: Game-Based Learning for Older Adults » dans *6th European Conference on Games Based Learning, Cork, Ireland*, p. 102–108.
- Chastenay, P. (2018). To Teach Or Not To Teach Astronomy, That Is The Question: Results Of A Survey Of Québec's Elementary Teachers. *Journal of Astronomy & Earth Sciences Education (JAESE)*, 5(2), 115-36. <https://doi.org/10.19030/jaese.v5i2.10221>.
- Chawla, L. et Cushing, D. F. (2007). Education for strategic environmental behavior, *Environmental Education Research*, 13(4), 437-452.
- Chen, S., Chang, W-H., Lai, C-H., & Tsai, C-Y. (2014). A comparison of students' approaches to inquiry, conceptual learning, and attitudes in simulation-based and microcomputer based laboratories. *Science Education*, 41(5), 905-935. doi.org/10.1002/sce.21126
- Chouinard, R., Plouffe, C. & Archambault, J. (2006). « Soutien à la motivation scolaire ». Dans L. Massé, N. Desbiens
- Christopher, E. M. (1999). Simulations and games as subversive activities, *Simulations & Gaming*, 30 (4), 441-455.

- Chung, L.-Y. et Chang, R.-C. (2016). The Effect of Gender on Motivation and Student Achievement in Digital Game-based Learning: A Case Study of a Contented-Based Classroom. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(6). <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.01227a>
- Clark, D. B., Nelson, B., & Sengupta, P., and D'Angelo, C. (2009). *Rethinking science learning through digital games and simulations: Genres, examples, and evidence*. Paper commissioned for the National Research Council Workshop on Gaming and Simulations, October 6–7, Washington, DC
- Connolly, T. M., Boyle, E. A., MacArthur, E., Hainey, T., & Boyle, J. M. " A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games " , *Computers & Education*, 59 (2), 2012, p. 661–686. Disponible à <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.004>.
- Conseil canadien des ministres de l'environnement, (1995). *Stratégie canadienne de la biodiversité : Réponse du Canada sur la convention de la diversité biologique*. Centre d'échange national sur la biodiversité. https://biodivcanada.chm-cbd.net/sites/ca/files/2017-12/CBS_f.pdf
- Conseil supérieur de l'éducation (2009). *Une école secondaire qui s'adapte aux besoins des jeunes pour soutenir leur réussite*. Québec: avis à la ministre de l'Éducation, du Loisir et du Sport.
- Conseil supérieur de l'éducation (2013). *L'enseignement de la science et de la technologie au primaire et au premier cycle du secondaire*, Québec. <https://www.deslibris.ca/ID/245422>
- Csikszentmihalyi, M. (1991). *Flow, The Psychology of Optimal Experience, Steps towards enhancing the quality of life*, Harper & Row, Publishers. Inc.
- Deci, E. et Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. New York: Plenum Press.
- Deci, E. L., Koestner, R., & Ryan, R. M. (1999). A meta-analytic review of experiments examining the effects of extrinsic rewards on intrinsic motivation. *Psychological Bulletin*, 125, 627– 668. doi:10.1037/00332909.125.6.627
- Deci, E. L. et Ryan, R. M. (2008). Self-Determination Theory: A macrotheory of human motivation, development, and health. *Canadian Psychology*, 49 (3), 182–185. <https://doi.org/10.1037/a001280>
- Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, 323, 66–69.
- De Landsheere, G. (1992). *Dictionnaire de l'évaluation et de la recherche en éducation (2e édition revue et augmentée)*. Paris, France : Presses universitaires de France.
- DeVellis, F.R. (2003), *Scale Development : Theory and Applications.*, Thousand Oaks, CA, Sage

- Demaze, T.M. (2009). *Les conventions internationales sur l'environnement : état des ratifications et des engagements des pays développés et des pays en développement: L'Information géographique*, 73(3), 84-99. <https://doi.org/10.3917/lig.733.0084>
- Dempsey, J. V., Haynes, L. L., Lucassen, B. A. et Casey, M. S. (2002). Forty Simple Computer Games and What They Could Mean to Educators. *Simulation & Gaming*, 33(2), 157-168. <https://doi.org/10.1177/1046878102332003>
- Désautels, J. (1998). *Une éducation aux technosciences pour l'action sociale. La recherche en didactique au service de l'enseignement*. Marrakech, Maroc : Université Cadi Ayyad.
- Dickey, M.D. (2005). Engaging by design : How engagement strategies in popular computer and video games can inform instructional design. *Educational Technology Research and Development*, 53(2), 67-83.
- Dionne, É. (2006). L'implantation de l'évaluation assistée par ordinateur (EAO) au sein du système scolaire québécois : avantages et obstacles à surmonter. *Mesure et évaluation en éducation*, 29(2), 99-116.
- Dorn, D. S. (1989). Simulation Games: One More Tool on the Pedagogical Shelf. *Teaching Sociology*, 17(1), 1-18. <https://doi.org/10.2307/1317920>
- Eck, J.C. (2000). A sample of assessment findings related to Samford University's problem-based learning initiative PBL Insight: A newsletter for undergraduate problem-based learning. *Samford University*, 3(3), 12-13.
- Eison, J. A., et Bonwell, C. C. (1993). *Recent Works on Using Active Learning Strategies across the Disciplines*.
- Emmons, K.M. (1997). Perspective on environmental action : Reflection and revision through practical experience. *The Journal of Environmental Education*, 29(1), 34-44.
- Ergin, D. Y. (2019) "Environmental awareness of teacher candidates," *World J. Educ.*, 9(1), 152–161.
- Fien, J. (1995). Teaching for a Sustainable World : The Environmental and Development Education Project for Teacher Education. *Environmental Education Research*, 1(1), 21-33. <https://doi.org/10.1080/1350462950010102>
- Forget, J. (1993). Les motivations incitatives. In R. J. Vallerand & E.E. Thill (dir.), *Introduction à la psychologie de la motivation* (pp.315-358). Laval, Canada : Éditions Études Vivantes.
- Fredricks, J.A., Blumenfeld, P.C., et Paris, A.H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59–109.
- Gardner, P. (1975). Attitudes to science: A review. *Studies in Science Education* 2, 1–41.

- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E. (2002). Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & Gaming*, 33, 441–467. doi:10.1177/1046878102238607
- Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. New York, NY: Palgrave Macmillan.
- Gee, J. P. (2008). Good videogames, the human mind, and good learning. Dans *Children's learning in a digital world*. (p. 40-63). Blackwell Publishing.
- Genevois, S. et Leininger-Frézal, C. (2014). Les « serious games » : un outil d'éducation au développement durable ? *Digne les Bains*, 24.
- Glynn, S. M., Brickman, P., Armstrong, N., et Taasobshirazi, G. (2011). Science motivation questionnaire II: Validation with science majors and nonscience 84 majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(10), 1159–1176. <http://doi.org/10.1002/tea.20442>
- Gouvernement du Québec (2003). *Programme de formation de l'école québécoise. Enseignement secondaire premier cycle. Un programme de formation pour le XXI^e siècle*. Québec : ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.
- Gouvernement du Québec. (2004). *Programme de formation de l'école québécoise, Enseignement secondaire, Premier cycle*. Québec : Les publications du Ministère de l'Éducation du Québec (MEQ).
- Gouvernement du Québec. (2006). *Bilan de l'application du programme de formation de l'école québécoise - Enseignement primaire*. Québec: Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS).
- Gouvernement du Québec. (2009). *Progression des apprentissages en science et technologie au primaire*. Québec : ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. Repéré à http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/education/jeunes/pfeq/PDA_PFEQ_sciences-technologie-primaire_2009.pdf
- Gouvernement du Québec. (2011). *Cadre d'évaluation des apprentissages en science et technologie au primaire*. Québec : ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.
- Gray, A. R., Topping, K. J. et Carcary, W. B. (1998). Individual and group learning of the Highway Code: comparing board game and traditional methods. *Educational Research*, 40(1), 45-53. <https://doi.org/10.1080/0013188980400104>
- Hagay, G., et Baram-Tsabari, A. (2011). A shadow curriculum: Incorporating students' interests into the formal biology curriculum. *Research in Science Education*, 41(5), 611-634. <http://doi.org/10.1007/s11165-010-9182-5>
- Haight, W. L., Wang, X., Fung, H. H., Williams, K., & Mintz, J. (1999). Universal, developmental, and variable aspects of young children's play: a cross-cultural comparison of pretending at home, *Child Development*, 70 (6), p. 1477–1488.

- Hannel, S. L. et Cuevas, J. (2018). A Study on Science Achievement and Motivation Using Computer-based Simulations Compared to Traditional Hands-on Manipulation. *Georgia Educational Researcher*, 15(1). <https://doi.org/10.20429/ger.2018.15103>
- Hays, R. T. (2005). *The effectiveness of instructional games: A literature review and discussion* [Technical Report 2005–004]. Orlando, FL: Naval Air Warfare Center Training Systems Division.
- Heinich, R., Molenda, M., Russell, J., & Smaldino, S. (2002). *Instructional media and Technologies*, Upper Saddle River, NJ: Merrill. Prentice Hall.
- Higgins, J. M. (1994). *101 Creative problem solving techniques: The handbook of new ideas for business*. Winter Park, FL: The New Management Publishing Company.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do student learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266. doi:10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3
- Hogan, P. T. (2007). *Psychological Testing : a practical introduction (2e éd.)*, Hoboken, New-Jersey, Wiley.
- Hungerford, H. R. et Volk T. L. (1990). Changing learner behaviour through environmental education. *The Journal of Environmental Education*, 21(3), 8-21.
- Hwang, M. Y., Hong, J. C., Cheng, H. Y., Peng, Y. C., & Wu, N. C. (2013). Gender differences in cognitive load and competition anxiety affect 6th grade students' attitude toward playing and intention to play at a sequential or synchronous game. *Computers & Education*, 60(1), 254-263.
- IPBES (2018), *Rapport de la Plénière de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques sur les travaux de sa sixième session*, IPBES secretariat, Bonn, Germany.
- Jones, G., Howe, A., et Rua, M. (2000). Gender differences in students' experiences, interests, and attitudes towards science and scientists. *Science Education*, 84, 180–192.
- Jones, M. et Eick, C. (2007). Implementing inquiry kit curriculum: Obstacles, adaptations, and practical knowledge development in two middle school science teachers. *Science Education*, 91(3), 492–513.
- Jonnaert, P., Masciotra, D., Barrette, J., Morel, D., & Mane, Y. (2007). From competence in the curriculum to competence in action. *Prospects*, XXXVII (2), 187-203.
- Kelly, J., Bradley, C., Gratch, J., & Maninger, R. (2007). A reflective discourse on science learning and the merits of simulation. *Journal of Thought* 42(34), 23-38.

- Ketamo, H., et Kiili, K. (2010). Conceptual change takes time: Game based learning cannot be only supplementary amusement. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 19(4), 399–419.
- Keziah, A. (2010). A comparative study of problem-based and lecture-based learning in secondary school students' motivation to learn science. *International Journal of Science and Technology Education Research* 1(6), p. 126 - 131,
- Kiili, K. (2005). « Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model », *The Internet and Higher Education*, 8(1), p. 13–24.
- Kim, P. (2006). Effects of 3D virtual reality of plate tectonics on fifth grade students achievement and attitude toward science. *Interactive Learning Environments*, 14(1), 25-34.
doi.org/10.1080/10494820600697687
- Klopfer, E., & Yoon, S.A. (2005). Developing games and simulations for today and tomorrow's tech savvy youth. *TechTrends*, 49, 33-41.
- Klopfer, E.; Osterweil, S.; Salen, K. (2009). Moving Learning Games Forward. *The education arcade*. Boston, MA, USA. http://education.mit.edu/papers/MovingLearningGamesForward_EdArcade.pdf (accessed on 20 December 2013).
- Knol, E. et de Vries, P. W. (2011). *EnerCities - A Serious Game to Stimulate Sustainability and Energy Conservation: Preliminary Results* (ID 1866206) [SSRN Scholarly Paper]. Social Science Research Network. <https://papers.ssrn.com/abstract=1866206>
- Ko, S. (2002). An Empirical Analysis of Children's Thinking and Learning in a Computer Game Context. *Educational Psychology*, 22(2), 219-233.
<https://doi.org/10.1080/01443410120115274>
- Koschmann, T., Glenn, P., & Conlee, M. (2000). When is a problem-based tutorial not tutorial? Analyzing the tutor's role in the emergence of a learning issue. In Evensen, D. H., & Hmelo, C. E. (Eds.), *Problem-based learning: A research perspective on learning interactions* (pp. 53–69). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Koszalka, T. A. (2002). Technology Resources as a Mediating Factor in Career Interest Development. *Educational Technology & Society*, 5(2), 29–38.
- Lauer, T.E. (2003). Conceptualizing Ecology: A Learning Cycle Approach. *American Biology Teacher*, 65(7), 518-22.
- Lefèvre, T. (2013). Les activités humaines, leurs impacts, la crise environnementale globale et les crises humaines, *Planète viable*, Les résultats de la recherche en science du développement durable. <https://planeteviable.org/activites-humaines-impacts-crise-environnementale-globale-crisis-humaines/>
- Legendre, R. (1988). *Dictionnaire actuel de l'éducation*. Montréal, Canada : Les Éditions françaises, Larousse.

- Legendre, M.-F. (2002). Le programme des programmes: le défi des compétences transversales. In C. Gauthier et D. Saint-Jacques (Eds.), *La réforme des programmes scolaires au Québec* (pp. 24-57). Sainte-Foy: Presses de l'Université Laval.
- Legendre, R. (2005). *Dictionnaire actuel de l'éducation*, Montréal, Guérin.
- Léger, M. et Pruneau, D. (2015). Vers l'adoption de comportements environnementaux dans la famille – Perspectives théoriques. *Éducation relative à l'environnement*, (12). <https://doi.org/10.4000/ere.2550>.
- Levy, F. et R. J. Murnane. (2004). *The new division of labor: How computers are creating the next job market*. Princeton, NJ : Princeton University Press.
- Lieberman, D.A. (2001). Management of chronic pediatric diseases with interactive health games : theory and research findings. *Journal of Ambulatory Care Management*, 24, 26-38.
- Lim, C. P., Nonis, D., & Hedberg, J. (2006). Gaming in 3D multiuser virtual environment: Engaging students in science lesson. *British Journal of Educational Technology*, 37(2), 211–231.
- Lim, T., Louchart, S., Suttie, N., Ritchie, J., Aylett, R., Stanescu, I. A., . . . Moreno-Ger, P. (2013). Strategies for effective digital games development and implementation. In Y. Baek & N. Whitton (Eds.), *Cases on digital game-based learning: methods, models, and strategies* (pp. 168–198). Hershey, PA, USA: IGI Global. doi:10.4018/978-1-4666-2848-9.ch010
- Lin, Y.-L., Huang, S. W. et Chang, C.-C. (2019). The impacts of a marine science board game on motivation, interest, and achievement in marine science learning. *Journal of Baltic Science Education*, 18(6), 907-923. <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.907>
- Liu, C.-C., Cheng, Y.-B. et Huang, C.-W. (2011). The effect of simulation games on the learning of computational problem solving. *Computers & Education*, 57, 1907-1918. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.04.002>
- Liu, M., Rosenblum, J. A., Horton, L. et Kang, J. (2014). Designing Science Learning with Game-Based Approaches. *Computers in the Schools*, 31(1-2), 84-102. <https://doi.org/10.1080/07380569.2014.879776>
- Livingstone, S. (2011). Critical reflections on the benefits of ICT in education, *Oxford Review of Education*, 38 (1), 9-24
- Logan, M., et Skamp, K. (2008). Engaging Students in Science Across the Primary Secondary Interface: Listening to the Student's voice. *Research in Science Education*, 38(4), 501-527. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9063-8>.

- Mackinnon M (1999). *CORE elements of students' motivation in problem-based learning. Motivation from within: Approaches for encouraging faculty and students to excel*, in N. Theall (Ed.), p. 49-58.
- Maehr, M.L., & Anderman, E.M. (1993). Reinventing schools for early adolescents: Emphasizing task goals. *The Elementary School Journal*, 93(5), 593–610.
- Makransky, G., Terkildsen, T.S., & Mayer, R.E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225-236
- Malone, T. et Lepper, M. (2005). Making learning fun: A taxonomy of intrinsic motivations for learning. *Making Learning Fun: A Taxonomy of Intrinsic Motivations for Learning*, 3.
- Maltais, M et Turcotte, C. (2023). Pour un cursus scolaire plus vert. *Le Devoir*.
<https://www.ledevoir.com/opinion/idees/789272/idees-pour-un-cursus-scolaire-plus-vert>
- Marne, B., Huynh-Kim-Bang, B. et Labat, J.-M. (2011). *Articuler motivation et apprentissage grâce aux facettes du jeu sérieux*, 13.
- Marzano, R. J. et Pickering, D.J. (1992), *Dimensions of Learning*, Alexandria (VA), McRel.
- Meece, J.L., Blumenfeld, P.C., & Hoyle, R.C. (1988). Students' goal orientations and cognitive engagement in classroom activities. *Journal of Educational Psychology*, 80(4), 514–523.
- MELS (2007). *Motivation, soutien et évaluation : les clés de la réussite des élèves. Programme de recherche sur la persévérance et la réussite scolaires*. Québec : Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS).
- MELS. (2013). *Programme de formation de l'école québécoise- Enseignement secondaire, 2e cycle : Science et technologie*. Québec : Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS).
- Merrill, M. D. (2009). First principle of instruction. In Reigeluth, C. M., & Carr-Chellman, A. A. (Eds.), *Instructional-design theories and models: Building a common knowledge base* (Vol. 3). New York, NY: Routledge.
- Michael, D. R. et Chen, S. L. (2005). *Serious games: Games that educate, train, and inform*. Muska & Lipman/Premier-Trade.
- Morin, E. (2021). *L'étude du sentiment de pouvoir agir de jeunes du Québec face aux changements climatiques : dimensions et conditions favorables à son développement à l'école secondaire*. Thèse. Rimouski, Université du Québec à Rimouski, Unités départementales des sciences de l'éducation, 235 p.
- Nakamura, J. et Csikszentmihalyi, M. (2014). The Concept of Flow. Dans M. Csikszentmihalyi, *Flow and the Foundations of Positive Psychology*, 239-263. Springer Netherlands.
https://doi.org/10.1007/978-94-017-9088-8_16

- National Research Council. (2005). *America's lab Report: Investigations in high school science*. Committee on High School Science Laboratories: Role and Vision, S.R. Singer, M. L. Hilton, and H.A. Shweingruber (Eds.). Washington, DC : The National Academies Press.
- National Research Council. (2011). *Learning science through computer games and simulations*. In M. A. Honey & M. L. Hilton (Eds.), Committee on science learning: computer games, simulations, and education. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council. (2012). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century* (synthèse du rapport). Washington, DC : National Academies Press. Repéré à: http://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_070895.pdf.
- Nations, U. (1992). *La Convention sur la diversité biologique* | Nations Unies. United Nations. <https://www.un.org/fr/observances/biological-diversity-day/convention>
- Naoufal, N. (2014). Peace and environmental education for climate change : Challenges and practices in Lebanon. *Journal of Peace Education*, 11(3), 279-296.
- Ndinga, P. (2004). *L'incidence de la fonction évaluative du test sur la relation entre la motivation des élèves à bien le réussir et leurs scores*. Thèse de doctorat inédite, Université Laval, Québec, Canada.
- Nussbaum, E. M., Owens, M. C., Sinatra, G. M., Rehmat, A. P., Cordova, J. R., Ahmad, S., Harris, F. C. et Dascalu, S. M. (2015). Losing the Lake: Simulations to Promote Gains in Student Knowledge and Interest about Climate Change. *The International Journal of Environmental and Science Education*, 10(6), 789-811. <https://doi.org/10.12973/ijese.2015.277a>
- Oblinger, D. G. (2004). The Next Generation of Educational Engagement. *Journal of Interactive Media in Education*, 2004(1), 10. <https://doi.org/10.5334/2004-8-oblinger>
- OCDE. (1996). Changing the Subject, dans P. Black et J.M. Atkin (dir.), *Innovations in Science, Mathematics and Technology Education*. Londres: Routledge.
- OCDE. (2007). PISA 2006. *Les compétences en sciences, un atout pour réussir. Volume 1 - Analyse des résultats* (Vol. 1). Paris: l'auteur.
- O'Neil, H. F., Wainess, R. et Baker, E. L. (2005). Classification of learning outcomes: evidence from the computer games literature. *The Curriculum Journal*, 16(4), 455-474. <https://doi.org/10.1080/09585170500384529>
- Orellana, I. et Fauteux, S. (2000). L'éducation relative à l'environnement à travers les grands moments de son histoire, dans A. Jarret, B. Jickling, L. Sauvé, A. Wals et P. Clarkin (dir.), *Proceedings from an On-Line Colloquium. The Future of Environmental in a Post-modern World?* (p. 13-24). Whitehorse : Yukon College.

- Osborne, J., et Collins, S. (2000). *Pupils' and parents' views of the school science curriculum*. London: King's College London.
- Osborne, J., Simon, S., et Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079. <http://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- Papadimitriou, V. (2001). *Science and Environmental Education : Can They Really Be Integrated?* Communication présentée au Symposium IOSTE « Science and Technology Education : Preparing Future Citizens », 29 avril au 2 mai 2001, Paralimni, Chypre.
- Papastergiou, M. (2009). Digital Game-Based Learning in high school Computer Science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers & Education*, 52(1), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.06.004>
- Passarelli, M., Dagnino, F., Earp, J., Manganello, F., Persico, D., Pozzi, F., Bailey, C., Perrotta, C., Buijtenweg, T. et Haggis, M. (2019). Educational Games as a Motivational Tool: Considerations on their Potential and Limitations: Dans *Proceedings of the 11th International Conference on Computer Supported Education* (p. 330-337). SCITEPRESS - Science and Technology Publications. <https://doi.org/10.5220/0007586503300337>
- Pearce, J., Ainley, M. et Howard, S. (2005). The ebb and flow of online learning. *Computers in Human Behavior*, 21, 745-771. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2004.02.019>
- Pelletier, L. G., et Vallerand, R. J. (1993). Une perspective humaniste de la motivation: les théories de la compétence et de l'autodétermination. Dans R. J. Vallerand et E. E. Thill (dir.), *Introduction à la psychologie de la motivation* (pp. 233-281). Laval, Canada : Éditions Études Vivantes.
- Pintrich, P. R. et Schrauben, B. (1992). Students' motivational beliefs and their cognitive engagement in classroom academic tasks. Dans *Student perceptions in the classroom*. (p. 149-183). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Pivec, M. et Dziabenko, O. (2004). Game-based learning in universities and lifelong learning: "UniGame: Social Skills and Knowledge Training " game concept, *Journal of Universal Computer Science*, 10 (1), p.14-26.
- Potvin, P., et Dionne, É. (2007). Realities and Challenges of Educational Reform in the Province of Québec: An Exploratory Research About Science and Technology Teaching. *McGill Journal of Education*, 42(3), 293-410.
- Potvin, P., Dumont, J.-G., Boucher-Genesse, F. et Riopel, M. (2012). The Effects of a Competency-Based Reform Curriculum on Students' Problem-Solving Competency and General Attitudes and Interest Towards Science and Technology. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 20(4), 54-69.

- Potvin, P. et Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85-129. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>
- Prensky, M. (2001). *The Games Generations: How Learners Have Changed*, 26.
- Prensky, M. (2005). *Adopt and Adapt. 21st Century Schools Need 21st Century Technology*. Edutopia, Digital Game Based Learning. Publish. McGraw-Hill Trade.
- Prensky, M. (2006). *Don't Bother Me Mom I'm Learning!*: Continuum
- Proulx, L. P. (1999). *La résolution de problèmes en enseignement. Cadre référentiel et outils de formation [Problem solving in teaching. Conceptual framework and training tools]*. Paris: De Boeck & Larcier.
- Pruneau, D., Chouinard, O., Musafiri, J. P. et Isabelle, C (2002). Les facteurs qui influencent le désir d'action environnementale dans les communautés. *Revue des sciences de l'éducation* 26(2), 395-414. <https://doi.org/10.7202/000128ar>.
- Pruneau, D., Freiman, V., Langis, J., Baribeau, T., Liboiron, L. et Champoux, A. (2007) How Scientists and Students Pose an Environmental Problem, dans Z. Guzovic, N. Duie et M. Ban (dir.), *Proceedings of the Dubrovnik Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, Dubrovnik, Croatie, juin. CD-Rom, ISBN : 978-953-6313-87-1.
- Rapini, S. (2012). *Beyond Textbooks and Lectures: Digital Game-Based Learning In STEM Subjects*, 32.
- Reeves, H. (2003). *Mal de Terre*. Préf. de Frédéric Lenoir. Paris: Seuil.
- Rickard, W., et Oblinger, D. (2004). *Unlocking the potential of gaming technology*.
- Rieber, L. (1996). Seriously considering play: Designing interactive learning environments based on the blending of microworlds, simulations, and games. *Educational Technology Research & Development*, 44(2), 43-58.
- Rieber, L. P., Smith, L., & Noah, D. (1998). The value of serious play. *Educational Technology*, 38(6), 29–37.
- Riopel, M., Nenciovici, L., Potvin, P., Chastenay, P., Charland, P., Sarrasin, J. B. et Masson, S. (2019). Impact of serious games on science learning achievement compared with more conventional instruction: an overview and a meta-analysis. *Studies in Science Education*, 55(2), 169-214. <https://doi.org/10.1080/03057267.2019.1722420>
- Roberts, K. D. (2010). Topic areas to consider when planning transition from high school to postsecondary education for students with autism spectrum disorders. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 25(3), 158-162. doi: 10.1177/1088357610371476.

- Romero, M., Dumont, L., Daniel, S., Barma, S., Lille, B., Hénai, V. et Isaac, G. (2019). *Jeux numériques et apprentissages. Ateliers de co-création de jeux sur le développement durable*, 1-129.
- Roschelle, J. M., Pea, R. D., Hoadley, C. M., Gordin, D. N., & Means, B. M. (2000). Changing how and what children learn in school with computer-based technologies. *The Future of Children*, 10(2), 76–101. <https://doi.org/10.2307/1602690>
- Roschelle, J., Pea, R. D., Hoadley, C. M., Gordin, D. N., & Means, B. (2001). Changing how and what children learn in school with computer-based technologies. *The Future of Children*, 10(2), 76-101. doi.org/10.2307/1602690
- Rutten, N., van Joolingen, W.R., & van der Veen, J.T. (2012) The learning effects of computer simulations in science education, *Computers & Education*, 58(1), 136-153.
- Ryan, R. M., Rigby, C. S. et Przybylski, A. (2006). The Motivational Pull of Video Games: A Self-Determination Theory Approach. *Motivation and Emotion*, 30(4), 344-360. <https://doi.org/10.1007/s11031-006-9051-8>
- Salopek, J. J. (1999). « Stop playing games », *Training and development*, 53 (2), 28-38.
- Sandford, R. et Williamson, B. (2005). *Games and learning*, Bristol, FutureLab.
- Sandford, R., Ulicsak, M., Facer, K., & Rudd, T. (2007). *Teaching with games: Guidance for educators*. http://www2.futurelab.org.uk/resources/documents/project_reports/teaching_with_games/Guidance_for_Educators.pdf
- Sauvé, L. (1997). *L'éducation relative à l'environnement à l'école secondaire québécoise : état de la situation. Rapport d'une enquête diagnostique dans le cadre d'un programme de recherches intitulé Théories et pratiques de l'éducation relative à l'environnement à l'école secondaire québécoise*. Montréal : Université du Québec à Montréal, Centre interdisciplinaire de recherches sur l'apprentissage et le développement en éducation.
- Sauvé, L., Berryman, T. et Brunelle, R. (2003). Environnement et développement : la culture de la filière ONU. *Éducation relative à l'environnement*, (Volume 4). <https://doi.org/10.4000/ere.4797>
- Sauvé, L. et Chamberland, G. (2006). *Jeux, jeux de simulation et jeux de rôle : une analyse exploratoire et pédagogique*, Cours TEC 1280 : Environnement d'apprentissage multimédia sur l'inforoute. Québec, Télé-université.
- Sauvé, L., Renaud, L. et Gauvin, M. (2007). Une analyse des écrits sur les impacts du jeu sur l'apprentissage. *Revue des sciences de l'éducation*, 33(1), 89-107. <https://doi.org/10.7202/016190ar>.
- Sauvé, L. (2009). Vivre ensemble, sur Terre : enjeux contemporains d'une éducation relative à l'environnement. *Éducation et francophonie*, 37(2), 1. <https://doi.org/10.7202/038812ar>

- Sauvé, L., Renaud, L. et Kaufman, D. (2010). Les jeux, les simulations et les jeux de simulation pour l'apprentissage : définitions et distinctions, Dans L. Sauvé et D. Kaufman (éds), *Jeux éducatifs et simulations : étude de cas et leçons apprises*, Québec (Qc), Presses de l'Université du Québec, 13-42.
- Sauvé, L. (2012). Eau-Secours : un jeu sérieux pour conserver l'eau. *LARSEN Proceedings*, 51(2).
- Sauvé, L. et Babin, M. J. (2012). Les jeux sérieux à l'école : des critères pour soutenir leur implantation pour les directions d'établissement. *Le point en Administration de l'éducation*, 14(4), 32-36.
- Savery, J. R. (2009). Problem-based approach to instruction. In Reigeluth, C. M., & Carr-Chellman, A. A. (Eds.), *Instructional-design theories and models: Building a common knowledge base* (Vol. 3). New York, NY: Routledge.
- Sawyer, B. (2003), *Serious games : Improving Public Policy Through Game-based Learning and Simulation*, USA, Woodrow Wilson Centre for Scholar.
- Scallon, G. (1992). *L'impact des pratiques évaluatives sur la motivation des élèves : le poulx de la recherche*. Monographies en mesure et évaluation. Université Laval, Département de mesure et évaluation, Sainte-Foy, Québec, Canada.
- Schoon, I., Ross, A. et Martin, P. (2007). Science related careers: Aspirations and outcomes in two British cohort studies. *Equal Opportunities International*, 26(2), 129–143.
- Schroeder, J., Vaillancourt D. et Dansereau, P. (2001). *L'émerveillement responsable*. Entretien avec Pierre Dansereau. Montréal: Université du Québec à Montréal, Service de l'audiovisuel. Vidéocassette VHS, 27 min, son, couleur, 13 mm.
- Schunk, D.H., Pintrich, P.R., & Meece, J.L. (2008). *Motivation in education: Theory, research and application*. Upper Saddle River, New Jersey and Columbus, Ohio: Pearson.
- Schunk, D. H., Meece, J. L., et Pintrich, P. R. (2014). *Chapter 4: social cognitive theory*. Dans *Motivation in education: theory, research and application* (4th edition, p. 122-169). Upper Saddle River: Pearson.
- Serin, O. (2011). The effects of the computer-based instruction on the achievement and problem solving skills of the science and technology students. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 10(1), 183-201. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ926568.pdf>
- Shaffer, D. W. (2006). *How computer games help children learn*. New York, NY: Palgrave Macmillan. doi:10.1057/9780230601994
- Shuytema, P. (2007). *Game Design : A practical approach*, Boston, Charles River Media.
- Simanjuntak, M. P., Hutahaean, J., Marpaung, N. et Ramadhani, D. (2021). Effectiveness of Problem-Based Learning Combined with Computer Simulation on Students' Problem-

- Solving and Creative Thinking Skills. *International Journal of Instruction*, 14(3), 519-534. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.14330a>
- Sitzmann, T. (2011). A meta-analytic examination of the instructional effectiveness of computer-based simulation games. *Personnel Psychology*, 64, 489-528. doi:10.1111/j.1744-6570.2011.01190.x
- Smith, T. (2014). Elementary Science Instruction: Examining a Virtual Environment for Evidence of Learning, Engagement, and 21st Century Competencies. *Education Sciences*, 4(1), 122-138. <https://doi.org/10.3390/educsci4010122>
- Spires, H., Rowe, J., Mott, B. et Lester, J. (2011). Problem Solving and Game-Based Learning: Effects of Middle Grade Students' Hypothesis Testing Strategies on Learning Outcomes. *Journal of Educational Computing Research*, 44. <https://doi.org/10.2190/EC.44.4.e>
- Squire, K. (2011). *Video Games and Learning: Teaching and Participatory Culture in the Digital Age*. New York, NY: Teachers College Press.
- Stege, L., van Lankveld, G., Spronck, P. et Box, P. O. (2011). Serious Games in Education. *International Journal of Computer Science in Sport*, 10(1), 1-9.
- Stolovitch, H. D. et Thiagarajan, S. (1980). *Frame games*, Englewood Cliffs, Educational Technology Publications.
- Stoyanova, E. (2000). Empowering students' problem solving via problem posing. *Australian Mathematics Teacher*, 25(10), 33-37.
- Tardif, J. (1992). *Pour un enseignement stratégique: l'apport de la psychologie cognitive*. Montréal: Éditions Logiques.
- Tardif, J. (2006). *L'évaluation des compétences: Documenter le parcours de développement*. Montréal: Chenelière-éducation.
- Tekkursun, D., Gönül, & Cicioglu, H. İ. (2019). Examining the relationship between motivation to participate in physical activity and motivation to play digital games. *Journal of Spormeter Physical Education and Sports Sciences*, 17(3), 23-34
- The New Media Consortium. (2005). *The Horizon Report* (No. ISBN 0-9765087-0-2). Stanford, CA.
- Trumper, R. (2006). Factors affecting Junior High school students' interest in physics. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1), 47-58
- Unesco-Pnue (1988), *Éléments pour une stratégie internationale d'action en matière d'éducation et de formation relatives à l'environnement pour les années 90*, Paris: UNESCO, ED-87/conf. 402/col. 1, Juillet 1987,44

- Usta, E., Akbas, O., Cakir, R. et Ozdemir, S.M. (2008). The Effects of the Computer Games on the High School Students' Perception of Confidence. In K. McFerrin, R. Weber, R. Carlsen & D. Willis (Eds.), *Proceedings of SITE 2008--Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (pp. 1833-1840). Las Vegas, Nevada, USA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). <https://www.learntechlib.org/primary/p/27465/>.
- Vallerand, R. J., Blais, M. C., Brière, N. M., & Pelletier, I. G. (1989). Construction et validation de l'échelle de motivation en éducation (ÉME). *Revue canadienne des sciences du comportement*, 21(3), 323-349.
- Vallerand, R. J. et O'Connor, B. P. (1991). *Échelle de motivation chez les personnes âgées (émpa)*, 9.
- Vallerand, R. J. (2012). From Motivation to passion: In search of the motivational processes involved in a meaningful life. *Canadian Psychology*, 53 (1), 42–52. <https://doi.org/10.1037/a0026377>
- Velayutham, S., Aldridge, J., & Fraser, B. (2011). Development and Validation of an Instrument to Measure Students' Motivation and Self-Regulation in Science Learning. *International Journal of Science Education*, 33(15), 2159–2179.
- Veronica, R. et Calvano, G. (2020). Promoting Sustainable Behavior Using Serious Games: SeAdventure for Ocean Literacy. *IEEE Access*, 8, 196931-196939. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3034438>
- Viau, R. (1994). *La motivation en contexte scolaire* (édition québécoise). Montréal, Canada: Éditions du renouveau pédagogique.
- Vogel, J. J., Vogel, D. S., Cannon-Bowers, J., Bowers, C. A., Muse, K. et Wright, M. (2006). Computer Gaming and Interactive Simulations for Learning: A Meta-Analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 34(3), 229-243. <https://doi.org/10.2190/FLHV-K4WA-WPVQ-H0YM>
- Wang, Y., Rajan, P., Sankar, C. S. et Raju, P. K. (2017). Let Them Play: The Impact of Mechanics and Dynamics of a Serious Game on Student Perceptions of Learning Engagement. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 10(4), 514-525. <https://doi.org/10.1109/TLT.2016.2639019>
- Wastiau, P., Kearney, C., et Berghe, W. V. d. (2009). *Quels usages pour les jeux électroniques en classe ?* Belgique: European Schoolnet. http://games.eun.org/upload/gis-synthesis_report_fr.pdf.
- Watson, W. R. (2011). Games for social studies education. In Hirumi, A. c. (Ed.), *Playing games in school: Video games and simulations for primary and secondary education* (pp. 173–202). Washington, DC: International Society for Technology in Education.

- Watson, W. R. et Fang, J. (2012). PBL as a Framework for Implementing Video Games in the Classroom: *International Journal of Game-Based Learning*, 2(1), 77-89. <https://doi.org/10.4018/ijgbl.2012010105>
- Weiner, B. (1992). *Human motivation: Metaphors, theories, and research*. (p. xii, 393). Sage Publications, Inc.
- Westera, W. (2015). Games are motivating, aren't they? Disputing the arguments for digital game-based learning. *International Journal of Serious Games*, 2(2). <https://doi.org/10.17083/ijsg.v2i2.58>
- Wilson L, Corpus D (2005). The effects of reward systems on academic performance. *Middle School Journal Research Articles*. http://www.nmsa.org/research/res_articles_sept2001.htm.
- Wlodkowski, R. (2000). *Enhancing Adult Motivation to Learn, Revised Edition*.
- Wouters, P., Van Nimwegen, C., Van Oostendorp, H. & Van Der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of educational psychology*, 105(2), 249.
- Wuttke, E., et Wolf, K.D. (2015). Développement d'un instrument permettant d'évaluer la capacité à résoudre des problèmes. Résultats d'une étude pilote. *Revue européenne de formation professionnelle*, 41 (2), 95-115.
- Young, M. F., Slota, S., Cutter, A. B., Jalette, G., Mullin, G., Lai, B., Simeoni, Z., Tran, M. et Yukhymenko, M. (2012). Our Princess Is in Another Castle: A Review of Trends in Serious Gaming for Education. *Review of Educational Research*, 82(1), 61-89. <https://doi.org/10.3102/0034654312436980>
- Zimmerman, B. J. (1990). Self-Regulated Learning and Academic Achievement: An Overview. *Educational Psychologist*, 25(1), 3-17. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2501_2
- Zyda, M. (2005). From Visual Simulation to Virtual Reality to Games, *IEEE Computer Society*.