

# Formation immersive : un levier efficace pour comprendre les impacts environnementaux ?

<sup>1</sup> Univ Rennes, ENS Rennes, CNRS, Institut de Physique de Rennes (IPR UMR 6251),

<sup>2</sup> Univ Rennes, ENS Rennes, Centre de Recherche sur l'Éducation les Apprentissages et la Didactique (CREAD EA3875),

<sup>3</sup> Univ Rennes, ENS Rennes, SUNI

*Cette ressource fait partie du N° 114 de La Revue 3EI du 1<sup>er</sup> trimestre 2025.*

Avec les préoccupations environnementales croissantes, les formations du supérieur incluent de plus en plus des enseignements sur l'écoconception. Ces formations doivent dépasser les approches traditionnelles pour aborder les impacts environnementaux de manière transdisciplinaire. Les technologies immersives telles que la réalité virtuelle permettent aux étudiants d'« entrer » dans des environnements simulés. Ces outils se révèlent plus engageants et efficaces que les méthodes classiques, bien qu'ils posent des défis (coût, impact environnemental, perception « jeu »).

L'article teste le potentiel de la réalité virtuelle pour sensibiliser et enseigner des sujets complexes comme les impacts environnementaux. Trois groupes d'étudiants ont été exposés à des supports différents (vidéo explicative, jeu interactif sur ordinateur, et immersion en réalité virtuelle) pour apprendre l'eutrophisation, un phénomène complexe lié aux écosystèmes aquatiques générant des impacts environnementaux. L'apprentissage et le ressenti ont été évalués via questionnaires et entretiens. Le groupe ayant travaillé grâce à la réalité virtuelle présente des résultats et ressentis les plus positifs, notamment grâce à l'immersion. Bien que les trois groupes aient acquis des connaissances, la réalité virtuelle s'est avérée plus efficace pour comprendre la chaîne de cause à effet. L'immersion accroît l'implication et l'apprentissage, mais l'échantillon limité nécessite des études complémentaires et un déploiement de ces expérimentations à d'autres formations et impacts environnementaux.

## 1 - Contexte

### 1.1 - Contexte des transitions environnementales

Les considérations environnementales prennent une place grandissante dans la conception de systèmes industriels. Certains consommateurs sont en effet de plus en plus attentifs à ce que l'impact sur l'environnement du produit qu'ils achètent soit le plus faible possible. Dans plusieurs secteurs (construction, chimie par exemple), le législateur impose des normes visant à réduire cet impact. Ainsi, la réglementation RE2020 impose aux bâtiments construits à partir de 2022 des normes sur la consommation énergétique, mais aussi sur le bilan carbone des matériaux et équipements employés.

Si beaucoup d'acteurs industriels se limitent aux seuls aspects liés à l'énergie ou aux émissions de CO<sub>2</sub>, une analyse multicritère des impacts environnementaux est indispensable pour éviter que la réduction d'un impact induise une augmentation d'un autre (transfert d'impact). Il faut alors

considérer tous les rejets et consommations liés à chacune des phases du cycle de vie des systèmes (extraction des matières premières, fabrication, utilisation, fin de vie). Le seul outil standardisé à ce jour pour mener ce genre d'analyse est l'analyse de cycle de vie [1][2].

## 1.2 - Formations tournées vers l'écoconception

Conscientes de l'importance grandissante de ces enjeux, les universités et écoles d'ingénieurs prennent de plus en plus en compte ces questions pour construire leur offre de formation, ce qui constitue pour le corps enseignant, des défis pédagogiques nouveaux.

Selon une étude du ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires [3], à la rentrée 2019-2020, plus de 200 diplômes « environnementaux » sont recensés dans l'appareil de formation initiale. Ils représentent 12 % de l'offre de formation initiale et 8,5 % des effectifs en dernière année (soit près de 110 000 jeunes inscrits). En 2008, ces proportions étaient seulement de 10 % et 5 %. Entre 2008 et 2019, le nombre d'étudiants inscrits dans des formations liées à l'environnement a augmenté de 60 %, tandis que, sur la même période, les effectifs dans les autres disciplines ont diminué de 12 %.

En outre, l'environnement est de plus en plus pris en compte par les étudiants. En effet, selon une enquête de The Shift project [4], 59 % des élèves et 57 % des diplômés de grandes écoles placent l'environnement en première position des causes pour lesquelles ils auraient le plus envie de travailler, devant l'éducation et la santé.

Les formations doivent donc se doter de stratégies pédagogiques nouvelles adaptées à l'apprentissage des éléments clés de l'écoconception, tels que la compréhension des impacts environnementaux.

## 1.3 - La formation immersive pour favoriser l'apprentissage

La réalité virtuelle (VR ou RV) est une technologie qui permet à une personne de se plonger dans un environnement numérique 3D simulé. La réalité augmentée (AR ou RA) est une technologie qui superpose des éléments virtuels, tels que des images, des vidéos ou des informations sur le monde réel. Dans le cas de la virtualité augmentée (AV ou VA), les systèmes considérés visent à rendre l'interaction plus réaliste, en l'associant à la manipulation d'objets du monde réel, comme des cubes, pour modifier des objets numériques tels que des fichiers. La réalité mixte (MR ou RM), également appelée réalité hybride ou combinée, est une technologie qui combine des éléments de la réalité virtuelle et de la réalité augmentée pour créer un environnement dans lequel des objets virtuels peuvent interagir avec des objets réels. La figure 1 positionne ces différentes définitions à la frontière du réel et du virtuel.

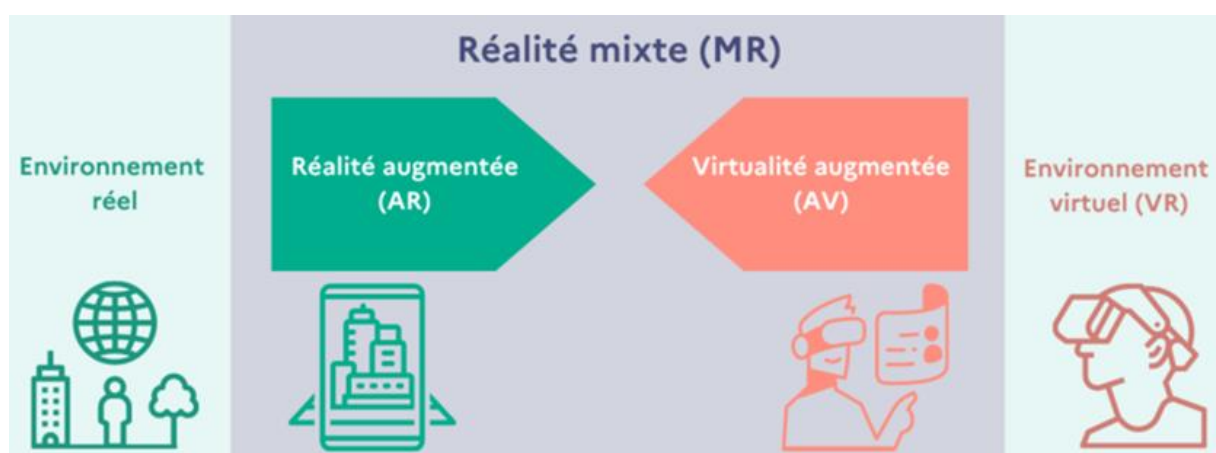


Figure 1 : Continuum réel - virtuel (adapté de DRANE - Académie de Toulouse)

L'apprentissage immersif, qu'il soit en RV, RA, VA ou RM, permet de plonger les étudiants dans des environnements propices à l'expérimentation de nouveaux concepts. La formation immersive, bien que relativement nouvelle, offre de nombreux avantages comparativement aux méthodes traditionnelles [5]. Tout d'abord, la formation immersive permet une expérience d'apprentissage plus réaliste et plus engageante. Elle offre aux apprenants la possibilité de s'immerger dans des environnements virtuels simulés, leur permettant de se familiariser avec les compétences et les procédures nécessaires à leur travail de manière pratique. Un rapport public de PWC sur l'utilisation de la RV sur les formations montre [6] que l'on retient jusqu'à 70 % mieux une formation en RV que suivie lors d'un cours magistral. De plus on estime que le temps nécessaire pour terminer une formation est de 15 min en RV contre 120 min en enseignement classique. Les apprenants peuvent également interagir avec différents éléments, résoudre des problèmes et découvrir des situations qui seraient difficiles ou dangereuses à reproduire dans un environnement réel. Cela peut aider à stimuler leur motivation et leur engagement, améliorant ainsi leur mémorisation et leur apprentissage.

#### 1.4 - Des freins à l'adoption des technologies immersives

L'adoption des technologies immersives rencontre toutefois un certain nombre de problématiques clés auxquelles il convient d'apporter des réponses afin d'augmenter leur diffusion dans des applications pédagogiques :

- Une connotation « jeux vidéo » : L'un des problèmes les plus importants entourant la RV dans la salle de classe est que de nombreuses personnes considèrent cette technologie comme une plateforme réservée aux jeux. Ils peuvent penser que les élèves n'apprendront pas grand-chose et seront plutôt distraits par les graphismes ou le gameplay ;
- Un manque de contenu : Le manque de contenu en RV éducative de qualité est un autre frein important. Il est crucial que le contenu soit à la fois éducatif et intéressant pour que les élèves soient motivés à utiliser la technologie ;
- Le coût : L'adoption de salles de classes virtuelles peut encore rester limitée en raison d'un obstacle majeur : le coût. Gérer un budget limité pour une formation peut être un défi en particulier lorsqu'il n'y a pas de place, pour les dépenses supplémentaires liées à l'acquisition de nouveaux dispositifs. Le coût de développement des contenus peut également être rédhibitoire, surtout si l'on veut atteindre la qualité graphique auxquels les étudiants sont habitués à travers les jeux vidéo ;
- L'impact environnemental du numérique : L'extraction des matières premières pour la construction des appareils a un impact considérable, tout comme les procédés de fabrication (dans des pays où l'électricité provient de sources fossiles tels que le charbon), le transport (qui peut représenter près des trois quarts des gaz à effet de serre produit par un appareil électronique sur son cycle de vie) et la fin de vie (car moins de la moitié des déchets électroniques et électriques sont effectivement recyclés dans l'UE). Le fonctionnement des appareils nécessite généralement des ordinateurs puissants qui demandent beaucoup d'énergie pendant toutes les phases de calibration, de tests et d'utilisation. Cette question de l'impact environnemental du numérique est encore plus critique pour des outils de formation visant l'éducation aux transitions environnementales.

## 2 - Problématique

### 2.1 - Etat des lieux des initiatives des formations immersives en lien avec les impacts environnementaux

La plupart des stratégies pédagogiques opèrent à une réduction de la complexité du problème, le plus souvent en isolant le phénomène à étudier de son environnement. Évidemment, quand on traite de questions environnementales, ces stratégies deviennent inopérantes, par l'approche spatio-temporellement étendue à l'échelle globale nécessaire pour comprendre les impacts environnementaux. Il est également nécessaire de renoncer au découpage strictement disciplinaire des matières et aborder les problématiques sous un angle transdisciplinaire.

Selon les travaux de Mireille Bétrancourt [7] [8], la présentation de contenus sous une forme animée permettrait de mieux transmettre des informations relatives au caractère dynamique d'un système, grâce au mouvement ou aux changements d'état des éléments. Les animations joueraient en quelque sorte le rôle d'une « prothèse cognitive » qui limiterait les exigences de traitement de l'information spatiale et dynamique par rapport à des images statiques [9].

Elles permettraient également de mieux comprendre la chaîne causale qui sous-tend la dynamique du système. Leur utilisation peut donc être une solution envisageable pour faciliter la prise en compte de causes ou d'effets qui relèvent de champs disciplinaires qui sont éloignés de la spécialité des étudiants auxquels on s'adresse et pour lesquels ceux-ci ne disposent pas des automatismes nécessaires pour traiter efficacement l'information.

Parmi ces outils on trouve la réalité virtuelle, prometteuse pour des problématiques d'apprentissage et de sensibilisation dans différents domaines scientifiques [10] [11]. Nous avons relevé ci-dessous quelques initiatives d'utilisation des dispositifs immersifs pour la sensibilisation aux impacts environnementaux :

- XR impact et son projet Be Earth : XR impact est une organisation à but non lucratif suédoise qui utilise la réalité mixte pour inspirer une action mondiale vers les objectifs de développement durable des Nations Unies. Be Earth est une application de réalité virtuelle dans laquelle les participants sont plongés dans des environnements qui illustrent les défis et les solutions liés à des problématiques globales, comme le changement climatique, la perte de biodiversité ou les inégalités sociales. L'idée est de rendre ces enjeux plus tangibles et émotionnellement impactants pour inciter les individus et les décideurs à agir de manière concrète ;
- Une application du New York Times dont l'idée principale est de visualiser les niveaux de pollution atmosphérique dans les différentes régions du monde en utilisant des technologies immersives. La pollution de l'air, bien qu'elle soit un problème grave, est souvent imperceptible à l'œil nu. Grâce à la réalité augmentée, le New York Times permet aux lecteurs de « voir l'invisible » en superposant des représentations des particules fines et d'autres polluants sur des environnements familiers ou des paysages urbains ;
- Below the Surface est une initiative de l'association environnementale Sea Shepherd, reconnue pour sa défense des océans et de la biodiversité marine. Ce projet a été conçu pour sensibiliser le grand public aux menaces invisibles qui pèsent sur les écosystèmes marins en mettant en lumière les dangers qui se cachent sous la surface des océans. Des technologies visuelles et immersives sont utilisées pour diffuser des images saisissantes, des vidéos sous-marines et pour permettre aux spectateurs de voir directement les effets de ces menaces sous l'eau. Ces représentations visuelles fortes aident à connecter émotionnellement les gens à l'ampleur des problèmes.

- Le programme VR for Impact a été lancé par HTC Vive en 2017 dans le cadre de son engagement à utiliser la réalité virtuelle comme un outil puissant pour favoriser un changement positif dans le monde. Ce programme est centré sur la création, le soutien et le financement de projets VR qui visent à sensibiliser et à résoudre des problèmes sociaux, environnementaux et humanitaires. Par exemple, l'un des projets soutenus, Project Tree est une expérience immersive qui permet aux utilisateurs de devenir un arbre dans une forêt tropicale et de ressentir les effets de la déforestation, sensibilisant ainsi au changement climatique et à la perte de biodiversité.

Si des initiatives utilisant des dispositifs immersifs peuvent être plébiscitées comme outil support à la formation, il n'existe pas à ce jour, à notre connaissance, de dispositif de RV utilisé en milieu universitaire pour l'apprentissage de l'écoconception ou la formation aux enjeux des impacts environnementaux. Avec la montée en puissance des questions environnementales dans les formations et l'arrivée à maturité des dispositifs immersifs, nous avons ainsi voulu tester l'apport d'un dispositif RV pour la compréhension des phénomènes de cause à effet engendrant un impact environnemental.

## 2.2 - Question de recherche

Pour comprendre l'ensemble des liens de cause à effet qui vont des choix faits lors de la conception d'un système à son impact sur l'environnement, il n'est plus possible de faire l'économie d'un apprentissage de la complexité. En effet, les démarches d'écoconception basées sur des analyses de cycle de vie vont engendrer des réflexions multicritères combinant les évaluations technico-économiques traditionnelles avec des évaluations d'impacts environnementaux souvent difficiles à appréhender. Une acculturation aux sciences environnementales et une meilleure connaissance des phénomènes aboutissant à des impacts environnementaux sont désormais nécessaires lors d'apprentissages en sciences industrielles. Dans cet article, on se propose de questionner si les dispositifs de formation immersifs sont de bons outils pour favoriser l'acquisition de connaissances d'apprenants sur les liens de cause à effet engendrant des impacts environnementaux.

## 3 - Méthodologie

L'expérimentation a été réalisée avec les étudiants du département de mécatronique de l'École normale supérieure de Rennes de niveau L3. Elle a été réalisée dans le cadre du premier cours du module relatif à l'écoconception et à l'analyse de cycle de vie.

Nous avons choisi de traiter au moyen d'animations les questions liées à un impact environnemental en particulier, l'eutrophisation, qui fait, pour l'essentiel, intervenir des mécanismes propres aux sciences du vivant, débordant ainsi largement du champ disciplinaire des sciences industrielles auquel les étudiants sont habitués. L'eutrophisation des milieux aquatiques est un déséquilibre du milieu provoqué par l'augmentation de la concentration d'azote et de phosphore dans le milieu. Elle est caractérisée par une croissance excessive des plantes et des algues due à la forte disponibilité des nutriments. Les algues qui se développent grâce à ces substances nutritives absorbent de grandes quantités de dioxygène. Leur prolifération provoque l'appauvrissement, puis la mort de l'écosystème aquatique présent : il ne bénéficie plus du dioxygène nécessaire pour vivre, ce phénomène est appelé « asphyxie des écosystèmes aquatiques ». Les savoirs explorés lors de la séance tournent autour de la chaîne de cause à effet du phénomène.

Le protocole est le suivant : trois groupes de 5 à 6 apprenants sont créés, chacun rattaché à une manière différente d'introduire la même animation (Figure 2) dans le milieu avec lequel ils sont amenés à interagir.

### Groupe G1 :

Vidéo explicative de la scène et des interactions entre les éléments (poissons, eau, algues) impliqués dans la chaîne de cause à effet de l'impact.

### Groupe G2 :

Prise en main sur ordinateur dans une application de type « jeu », où les étudiants disposent de l'image numérique de la scène et peuvent s'y déplacer.

### Groupe G3 :

Exploration immersive d'une scène au moyen d'un système de réalité virtuelle, grâce à un casque de VR et des dispositifs d'interaction, les étudiants sont immergés dans la scène.

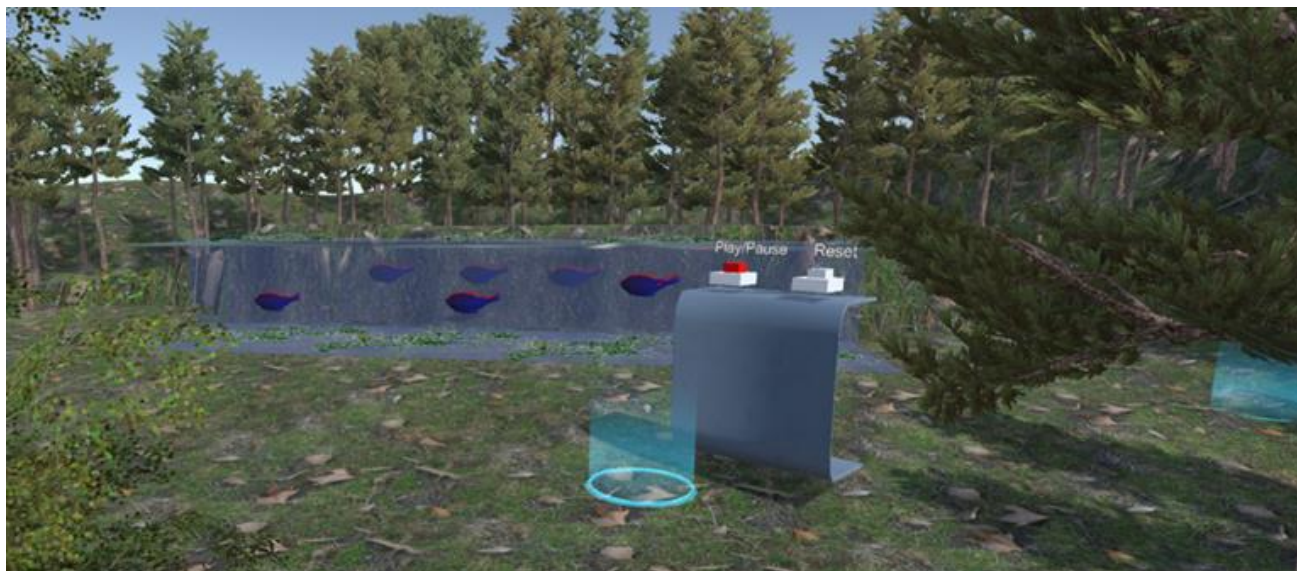


Figure 2 : Scène appréhendée par les étudiants sur les différentes technologies

Le contrat implicite établi avec les étudiants est le même dans les trois situations : interagir avec le milieu individuellement et en autonomie, avec l'objectif de comprendre le mécanisme d'eutrophisation, ses causes, ses conséquences. Pour les groupes 2 et 3, l'enseignant a expliqué le fonctionnement spécifique de l'animation proposée. Il était par ailleurs disponible aux côtés des étudiants du groupe 3 en cas de difficulté technique avec le système de réalité virtuelle.

Avant la séance, les étudiants ont répondu à un questionnaire pré-test pour évaluer leurs connaissances antérieures sur le sujet et leur intérêt pour les questions environnementales.

A l'issue de la séance, ils répondaient à quelques questions relatives à leur ressenti par rapport à l'expérience qu'ils venaient de vivre. Les mots-clés ont été recensés et des nuages de mots ont été réalisés pour faire ressortir ceux qui reviennent le plus souvent.

Une semaine après cette première phase, les étudiants ont dû répondre à un questionnaire post-test qui reprend la plupart des questions liées à leurs connaissances sur le sujet de l'eutrophisation. Ce délai d'une semaine entre la séance et le post-test permet de mettre l'accent sur les connaissances acquises à moyen-long terme.

Dans la foulée des post-tests, des entretiens semi-directifs par focus group ont été menés. Les groupes étaient constitués d'étudiants ayant vécu la même expérience. L'objectif des entretiens était de leur faire expliciter leur ressenti exprimé à l'issue de la séance. Ils ignoraient encore ce que les étudiants des autres groupes avaient fait. Une transcription des entretiens a été rédigée sous forme de synopsis, afin de dégager des conclusions sur l'intérêt de la RV pour l'acquisition des connaissances sur l'impact eutrophisation.

## 4 - Principaux résultats

### 4.1 - Pré-test

Lors du pré-test les étudiants ont déclaré majoritairement (59 %) être moyennement concernés par les questions liées à l'environnement (Erreur ! Source du renvoi introuvable.).

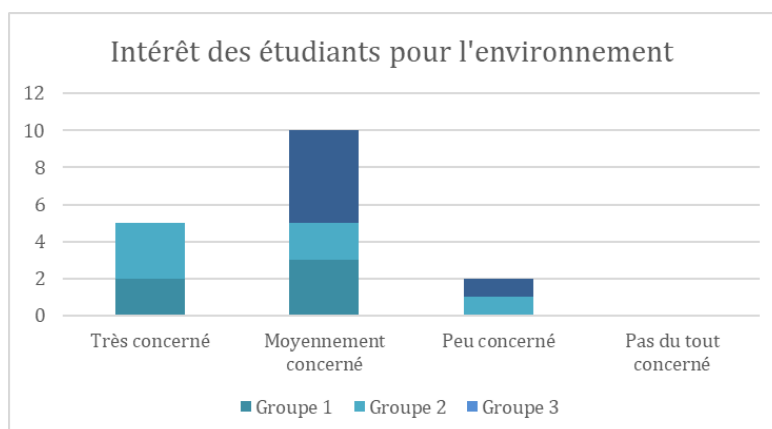


Figure 3 : Intérêt des étudiants pour les questions liées à l'environnement

Ils autoévaluent spontanément leurs connaissances en biologie comme médiocres, limitées voire nulles pour 70 % d'entre eux. Si tous ont passé un bac scientifique, 66 % ont passé un bac S-SI ou STI2D et ont donc arrêté la biologie après la classe de seconde.

Seulement 29 % des étudiants répondent à la question « Qu'est-ce que l'eutrophisation ? » (Figure 4) et parmi eux, un seul donne une réponse qui pourrait être considérée comme juste : « C'est le développement abusif d'algues qui dégrade l'environnement en empêchant la bonne présence d'oxygène dans l'eau ». Les autres répondants reconnaissent eux-mêmes ne pas être certains de leur réponse.

En analysant les mots-clés ressortant des réponses à cette question, nous nous rendons compte que les étudiants savent globalement que l'eutrophisation a un rapport avec l'eau, mais les connaissances des causes et conséquences du phénomène sont limitées. Certains étudiants confondent même le phénomène avec l'action d'atrophier, d'où le mot-clé « sectionner » (Figure 4).

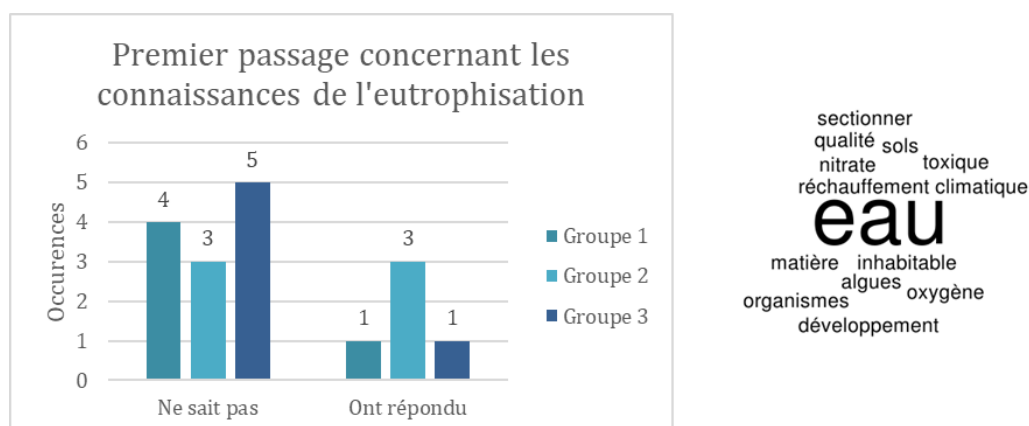


Figure 4 : Réponses des étudiants concernant les connaissances autour de l'eutrophisation, nuage de mots associés

Pour autant, à la question « Connaissez-vous le phénomène de marée verte ? », (qui est un cas particulier du phénomène d'eutrophisation), 71 % apportent une réponse positive, mais les définitions apportées restent approximatives (Figure 5). À noter que la moitié des non-répondants appartiennent au groupe 3.

Cette connaissance du phénomène des algues vertes n'est pas liée à leur origine : la plupart des étudiants n'est pas originaire de Bretagne, ils n'y vivent que depuis quelques mois.



Figure 5 : Réponse à la question « Connaissez-vous le phénomène de marée verte ? »

## 4.2 - Ressentis

À l'issue de l'activité en groupe tous les étudiants déclarent avoir amélioré leurs connaissances.

Les étudiants devaient aussi indiquer leur ressenti durant l'expérimentation (Figure 6). Pour le groupe 1, les mots à connotation négative dominent dans le vocabulaire employé (couleur rouge), le groupe 2 est plus mitigé (couleurs orange et verte), tandis que le groupe 3 est clairement très positif (couleur verte).



Figure 6 : Ressentis des étudiants à la suite de leur passage

Cela met en évidence l'intérêt de la RV, avec son côté dynamique et immersif (groupe 3) par rapport au simple visionnage de vidéo où les étudiants sont passifs (groupe 1). Ce résultat doit être cependant un peu nuancé dans la mesure où un effet « wahou » lié à la nouveauté du dispositif peut avoir joué un rôle.

## 4.3 - Post-test

On constate lors des post-tests que, quel que soit le dispositif utilisé, tous ont effectivement amélioré leur niveau de connaissance sur le sujet de l'eutrophisation. Tous connaissent dorénavant le mot eutrophisation et tout ou partie du phénomène correspondant (Figure 7).

Les étudiants des groupes 2 et surtout 3 ont une compréhension plus large du phénomène d'eutrophisation (causes, conséquences). Ainsi on peut imaginer que les étudiants du groupe, s'ils ont plus apprécié l'activité, n'ont pas pour autant été détournés de son caractère pédagogique.



Figure 7 : Réponse aux questions sur l'eutrophisation et le phénomène de marée verte

#### 4.4 - Entretiens par groupe

Lors des entretiens, les étudiants du groupe 1 ont qualifié la vidéo de « *juste factuelle* », qui « *ne joue pas sur les sentiments* ». Or ils considèrent que ce serait indispensable pour qu'ils s'intéressent au sujet : « *émotionnellement je n'étais pas dedans* », « *je n'ai été ni choqué ni intéressé* ». Il s'agit d'un public habitué à visionner des vidéos sur internet, mieux « *scénarisées* ». L'animation proposée ne correspondait pas à ces standards. « *J'ai eu l'impression un peu de revoir les cours en distanciel, en tout cas sur la vidéo en question* ».

A la différence des étudiants du groupe 1, les étudiants des groupes 2 et 3 déclarent ne pas s'être ennuyés et ne surestiment pas le temps qu'ils ont consacré à cette activité. Ceux du groupe 2 regrettent le manque d'une mise en contexte émotionnel au début du jeu, alors que ceux du groupe 3 estiment que les « *informations se suffisent à elle-même* ». « *Quand on voit les conséquences on s'imagine tous les impacts que ça peut avoir* ».

La connaissance du phénomène complexe de cause à effet d'un impact environnemental semble donc mieux comprise grâce aux outils immersifs de réalité virtuelle, mais l'apport n'est pas aussi franc qu'imaginé.

### 5 - Conclusions et perspectives

A l'issue de cette étude, notre principale constatation est que face à des animations, laisser le contrôle aux étudiants et les « *immerger* » dans la situation-problème grâce à la réalité virtuelle est plus efficace en termes d'implication et donc d'apprentissage.

Les étudiants ayant testé les systèmes interactifs (groupe 2 et 3) ont eu un ressenti plus positif que ceux qui n'ont fait que regarder une vidéo (groupe 1). Cela se traduit également en termes de résultats académiques. Alors que sur l'ensemble du cours les étudiants 3 ont eu globalement de moins bons résultats, leurs réponses aux questions spécifiques sur l'eutrophisation sont légèrement meilleures alors qu'il s'agissait précisément du groupe ayant le moins de connaissance initiale sur le sujet.

Ces résultats sont cependant à prendre avec précaution à la vue des faibles effectifs observés. L'étude doit être poursuivie sur les groupes plus nombreux et plus homogènes en termes de niveau initial. L'expérience peut ainsi être déployée chez différents partenaires universitaires. De nouvelles scènes de réalité virtuelle sur d'autres impacts environnementaux ont été développées à

l'Ecole normale supérieure de Rennes et peuvent faire l'objet d'expérimentations dans différentes formations pour enrichir le retour d'expériences.

## Références :

- [1]: NF EN ISO 14040: Management environnemental - Analyse de cycle de vie - Principes et cadre
- [2]: NF EN ISO14044 : Management environnemental - Analyse de cycle de vie - Exigences et lignes directrices
- [3]: Ministère (2022). Formations environnementales et insertion professionnelle - Synthèse des connaissances en 2022,  
<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/formations-environnementales-et-insertion-professionnelle-synthese-des-connaissances-en-2022>
- [4]: Mobiliser l'enseignement supérieur pour la transition écologique - Comment les enjeux climat-énergie sont enseignés dans le supérieur,  
<https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2018/11/Rapport-interm%C3%A9diaire-ClimatSup-V3.pdf>
- [5]: Lewis, F., Plante, P., Lemire, D. (2021). Pertinence, efficacité et principes pédagogiques de la réalité virtuelle et augmentée en contexte scolaire : une revue de littérature. *Médiations et médiatisations*, 5, p. 11-27 <https://doi.org/10.52358/mm.vi5.161>
- [6]: PWC (2020). The effectiveness of virtual reality soft skills training in the entreprise - A study. <https://www.pwc.com/us/en/services/consulting/technology/emerging-technology/assets/pwc-understanding-the-effectiveness-of-soft-skills-training-in-the-enterprise-a-study.pdf>
- [7]: Berney, S., Bétrancourt, M. (2016). Does animation enhance learning? A meta-analysis. *Computers and Education*, 101, p. 150-167, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.06.005>
- [8]: Ploetzer, R. Berney, S., Bétrancourt, M. (2021). When learning from animations is more successful than learning from static pictures: learning the specifics of change. *Instructional Science*, 49, p.497-514, <https://doi.org/10.1007/s11251-021-09541-w>
- [9]: Amadiou, F., Tricot, A. (2020). Apprendre avec le numérique - Mythes et réalités, Paris, Retz.
- [10]: Markowitz, D.M., Laha, R., Perone, B. P., Pea, R. D., & Bailenson, J. N. (2018). Immersive Virtual Reality field trips facilitate learning about climate change. *Frontiers in Psychology*, 9 <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02364>

Ressource publiée sur Culture Sciences de l'Ingénieur : <https://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay>