

MISE EN PLACE D'UN DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL NUMÉRIQUE POUR L'ENSEIGNEMENT DES RISQUES NATURELS AVEC LE JEU VIDÉO MINETEST

par Jérôme Staub

Fondateur de la société Formaka
jerome.staub@formaka.org

François Lecordix, Sivakavi Kumarasamy

Institut national de l'information géographique et forestière
73 avenue de Paris - 94165 Saint-Mandé Cedex
francois.lecordix@ign.fr, sivakavi.kumarasamy@ign.fr

et Andrei Eleodor Sirbu

EvidenceB
19 rue André Del Sarte 75018 Paris
andrei-s@evidenceB.com

À la suite d'un appel à projets du Ministère de l'Éducation nationale, l'IGN a réalisé le projet intitulé Outils pédagogiques innovants dans l'Univers Minetest qui vise à proposer de nouveaux outils numériques pour enseigner les risques naturels. Ces nouveaux outils pédagogiques sont constitués du service Minetest à la carte et de la plateforme de jeu Minetest/Kidscode. Le service Minetest à la carte, développé par l'IGN, permet de générer des cartes, sur tout le territoire, au format Minetest (moteur de jeu libre de type bac à sable) en exploitant les données géographiques diffusées en flux. La plateforme Minetest/Kidscode, développée par la startup EvidenceB, permet d'exploiter ces cartes au format Minetest et de réaliser des simulations de risques naturels (inondation, avalanche, coulée de boue, éruption volcanique, tornade). Afin de s'appropriier l'utilisation de ces nouveaux outils, des scénarios pédagogiques sont aussi proposés sur certaines études de cas.

Following a call for projects from the Ministry of National Education, IGN carried out the project entitled Innovative teaching tools in the Minetest Universe, which aims to offer new digital tools for teaching natural hazards. These new educational tools consist of the Minetest à la carte service and the Minetest/Kidscode gaming platform. The Minetest à la carte service, developed by IGN, allows you to generate maps, across the entire territory, in Minetest format (a sandbox-type free game engine) by exploiting the geographic data streamed. The Minetest/Kidscode platform, developed by the start-up EvidenceB, makes it possible to use these maps in Minetest format and to perform natural risk simulations (flood, avalanche, mudslide, volcanic eruption, tornado). In order to become familiar with the use of these new tools, educational scenarios are also offered on certain case studies.

Introduction

Enseigner les risques naturels du point de vue géographique a connu de nombreuses évolutions au gré des innovations technologiques, en particulier depuis les années 1990, avec une plus large audience des Systèmes d'Information Géographique (SIG) et des navigateurs cartographiques en ligne (Géoportail, Google Maps/Earth, OpenStreetMap, NASA WorldWind, ...). Cet enseignement est également impacté par la réalité des catastrophes naturelles et son traitement médiatique. A ce titre, enseigner les risques naturels relève

bien de l'enseignement des questions vives. Dès 1997, Yvette Veyret posait cette question en des termes provocateurs : « Enseigner les risques naturels : une « nouvelle géographie physique », dans un article au titre éponyme (Veyret, 1997). En effet, comme elle le rappelle plus loin : « le terme « risque » désigne un danger potentiel. Ce danger est perçu dans un contexte social, économique, culturel donné. Le risque est une notion sociale, qui s'applique à une population ou à un individu, à un moment donné de leur histoire. Autrement dit, la notion de risque renvoie à celle de représentation. » (Veyret, 1997).

La représentation des risques naturels implique leurs représentations spatiales, codifiées, informatisées et simulées par les services publics. En effet, en France, la gestion des risques est l'affaire de l'Etat. Cependant ces formes de représentations en lien direct avec des instruments SIG sont peu transposés dans la sphère éducative pour de nombreuses raisons liées notamment à la complexité de prise en main, une faible culture géomatique qu'il faut développer ou une confusion entre outil SIG et outils de géovisualisation. Dès lors, comment rendre compte de ces représentations spatiales des risques naturels dans un cadre éducatif, accessible et motivant pour les élèves et les enseignants ?

La proposition qui est faite ici peut surprendre dans la mesure où elle s'appuie sur un instrument technologique qui n'a pas pour objectif d'être une représentation 3D réaliste d'une situation donnée. Il ne s'inscrit pas non plus dans une approche SIG des territoires. L'outil Minetest fait partie de la famille des jeux vidéo de type bac à sable où la jouabilité et les interactions reposent sur la dimension non linéaire des scénarios (pas ou peu de contraintes et objectifs) et la dimension émergente (les joueurs imaginant les constructions possibles qu'ils peuvent mettre en œuvre, en commun). Nous faisons l'hypothèse que l'ajout de certaines fonctionnalités et la conception de scénarios pédagogiques fait de cet environnement de jeu une ressource pédagogique pertinente pour l'apprentissage de la notion de « risques naturels » dans un contexte scolaire (cycle 4/lycée).

Nous envisageons son analyse au prisme du concept de dispositif. « [...] Le dispositif se définit dans une fonction de support, de balise, de cadre organisateur à l'action. Il procède essentiellement à des mises en ordre qui soutiennent l'action de l'individu, il crée des effets de signification qui procurent des ressources pour un autopilotage. [...] Cela signifie alors que si le dispositif organise et rend possible quelque chose, il n'en garantit cependant pas l'actualisation. Il fait simplement exister un espace particulier préalable dans lequel ce « quelque chose » peut se produire. » (Peeters, 1999). C'est dans cet espace que se situe l'expérimentation Jeu numérique Minetest et les éléments que nous souhaitons documenter, aujourd'hui.

Nous empruntons à Brigitte Albero le modèle ternaire de dispositif de formation (Albero, 2010). L'auteure distingue trois champs d'analyse d'un dispositif :

« *Le dispositif idéal* est constitué par l'ensemble des idées, principes, modèles et valeurs qui structurent progressivement les actes et les discours au cours du développement et de la réalisation du projet. La dimension idéale du dispositif est sa boussole et son fil directeur, son dessein explicitement énoncé ou non. Il oriente l'ac-

tion des concepteurs et responsables, sans toujours être partagé par l'ensemble des acteurs. Cette dimension du dispositif inclut l'idéal (au sens de valeur directrice) des concepteurs mais aussi leurs idées, principes et plus banalement les objectifs qui les mobilisent. [...]

Le dispositif fonctionnel de référence correspond à la mise en actes de l'idéal. C'est le projet opérationnel explicite présenté dans les discours et les documents de travail : définition des contenus, des rôles et des tâches, planification, étapes du développement, contrôle et évaluation. Il matérialise l'architecture, l'ingénierie et le mode d'emploi qui définissent le fonctionnement ordinaire et l'activité de chacun et qui se mettent en place de manière progressive, en fonction des contingences et des aléas du terrain. [...]

Ces deux dimensions constitutives sont en permanence confrontées à une troisième dimension : *le dispositif tel qu'il est vécu* par les différents acteurs (décideurs, enseignants, techniciens, étudiants). » (Albero, 2010). Le dispositif Jeu numérique Minetest reste à exploiter et la dimension du vécu constitue un axe de développement important pour le futur.

Ainsi, nous aborderons principalement les deux premières dimensions du dispositif numérique expérimental, dans un premier temps au travers de la dimension idéale mettant l'accent sur l'écosystème numérique du dispositif et les hypothèses qui sous-tendent cet écosystème. La dimension fonctionnelle de référence sera analysée au prisme de deux éléments centraux : d'une part l'analyse des ajouts de fonctionnalités et d'autre part l'analyse des scénarios pédagogiques proposés dans le dispositif. Ainsi dans un second temps, nous verrons en quoi l'ajout de fonctionnalités fait écho à une simulation environnementale tant dans le déclenchement des catastrophes naturelles que dans les possibilités de résolution fournis aux élèves. Dans un dernier temps, au travers de premières analyses des scénarios pédagogiques proposés, nous envisagerons comment ce dispositif peut être évalué au regard du corpus actuel.

Dimension idéale du dispositif Jeu numérique Minetest

Un écosystème numérique peut être défini comme « un ensemble dynamique composé d'acteurs (créateurs, producteurs, diffuseurs, usagers) et de produits numériques (sites web, réseaux sociaux, plateformes, logiciels). Chaque élément est en interdépendance/interaction avec tous les autres et contribue à constituer la complexité et la richesse de cet ensemble ». (Agostinelli, 2016).

L'écosystème numérique constitue l'espace de dé-

finition concret du projet au travers de sa genèse, des acteurs et des idées qui le portent. En ce sens, il constitue la dimension idéale du dispositif décrit.

L'écosystème numérique du Jeu numérique Minetest

Afin de toucher un public plus jeune, l'Institut national de l'information géographique et forestière a développé puis ouvert, en juin 2016, un nouveau service gratuit appelé Minecraft® à la carte sur la France métropolitaine (Lecordix, 2017). Ce service s'appuie sur le jeu Minecraft®, légo virtuel, qui a fêté, en mai 2020, ses 11 ans d'existence et la vente de plus de 200 millions de licences, soit le plus gros succès mondial du jeu vidéo.

Ce service Minecraft à la carte permet de générer des cartes de 5 km sur 5 km centrées sur le lieu choisi par l'utilisateur du service, comme sa maison, son école, son village ... et constituent une représentation cartographique 3D d'un univers familier du joueur sur lequel il va pouvoir agir et expérimenter à son gré. Cette génération possible de cartes 3D constituait un aspect de la mise en valeur du service effectuée en 2016, au concours de géovisualisation du Festival International de Géographie (FIG) de Saint-Dié des Vosges, destiné notamment au public enseignant (fig. 1).

Parallèlement à cette présentation du service primé par le jury du concours, le prix du public était décerné au site *Mon école sous l'eau* qui vise à expliquer le risque d'inondation aux enfants, en « *se concentrant sur la commune d'Alfortville, qui en cas de crue majeure de la Seine serait inondée sur quasiment tout son territoire, Mon école sous l'eau est composée de cartes interactives, de contenus pédagogiques et d'animations 3D montrant les écoles de la commune sous l'eau* ». Le site précise : « *Sache tout d'abord que le risque inondation est celui qui expose le plus de personnes en France. La moitié des communes françaises seraient exposées au risque inondation.* ». Ce site offre à tous les écoliers de la commune d'Alfortville la possibilité de voir la situation de leur école, notamment dans le cas d'une nouvelle crue centennale de la Seine et de la Marne semblable à 1910, à l'aide de vidéos de simulation 3D réalisées sur chacune des écoles en tenant compte de la plus grande hauteur d'eau modélisée de cette crue (fig. 2)

Dans Minecraft® (ou Minetest), le joueur peut aisément simuler en 3D l'écoulement de liquides et de nombreuses vidéos sont mises en ligne pour voir l'effet de cet écoulement, par exemple de laves sur un volcan ou de l'eau dans un barrage qu'on fait exploser préalablement. En alliant les possibilités, d'une part, du service Minecraft® à la carte qui permet de

générer des cartes 3D représentant l'environnement géographique de toute école, d'autre part, d'un jeu de type bac à sable permettant de faire des simulations et, enfin, du principe de *Mon école sous l'eau*, il semble alors possible de proposer une solution de simulation de la montée des eaux sur toute école de France dans un jeu, avec un objectif pédagogique.

Une opportunité de mise en place

Lors de ce même FIG de 2016, le ministère de l'Éducation nationale commençait à évoquer la préparation de l'appel à projets Services innovants numériques Eduthèque (SINÉ) opéré dans le cadre de l'action «Plan numérique pour l'école (PNE) du Programme d'investissement d'avenir (PIA)», destiné à sélectionner et soutenir des projets proposés par un ou plusieurs établissements publics à caractère scientifique ou culturel engagés dans le service Éduthèque, à condition de recourir à des prestations de *start-up* et de PME innovantes du secteur numérique.

L'IGN, en tant que membre d'Eduthèque avec son service Edugéo destiné aux enseignants et à leurs élèves, en fournissant les ressources géographiques 2D et 3D les plus complètes pour dynamiser l'enseignement de la géographie, pouvait candidater à cet appel. Par ailleurs, son incubateur *IGNfab*, créé en 2014, qui a développé le service Minecraft® à la carte et qui a acquis l'expérience du travail avec les *startup*, dans le cadre de projets portés par celles-ci et sélectionnés par l'IGN, était en position favorable pour imaginer et soumettre l'idée évoquée précédemment. Une réponse favorable a été apportée à l'appel à projet.

Cette réponse a souhaité s'appuyer sur le moteur de jeu libre Minetest plutôt que le jeu propriétaire Minecraft®, bien que plus connu de tous, à la fois pour des raisons de politique de licence, mais aussi pour des raisons techniques. En effet, en s'appuyant sur le moteur de jeu libre Minetest, l'IGN avait plus de liberté pour faire évoluer la solution suivant ses besoins, avec l'appui de la *startup* EvidenceB et le produit Kidscode qui utilise déjà le moteur Minetest pour développer des situations d'apprentissage de l'informatique. D'autre part, Minetest offre une meilleure gestion de la composante des altitudes que Minecraft® où une limitation à 256 cubes en hauteur existe dans la version standard ; cette absence de limitation dans Minetest permet de ne pas introduire un facteur d'échelle en altitude pour la représentation des dénivelés dans les zones montagneuses lors de l'utilisation d'une échelle de 1 cube pour 1 m. Ainsi, les cartes créées dans Minetest peuvent représenter plus de 256 m de dénivelés sans introduire un facteur de réduction d'échelle en altitude.

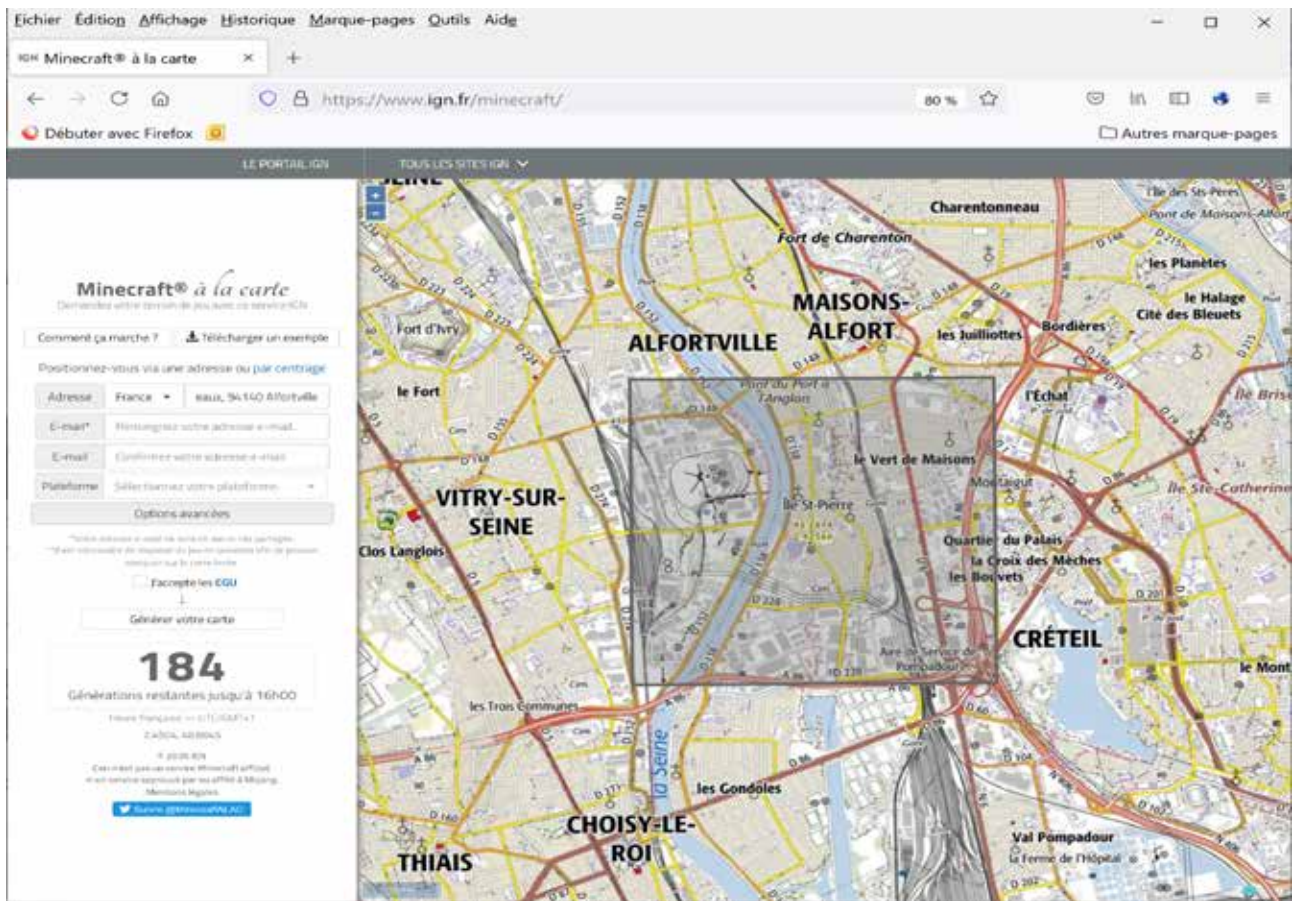


Figure 1 : Le service Minecraft® à la carte permettant de générer une carte 3D avec les données géographiques, par exemple sur Alfortville

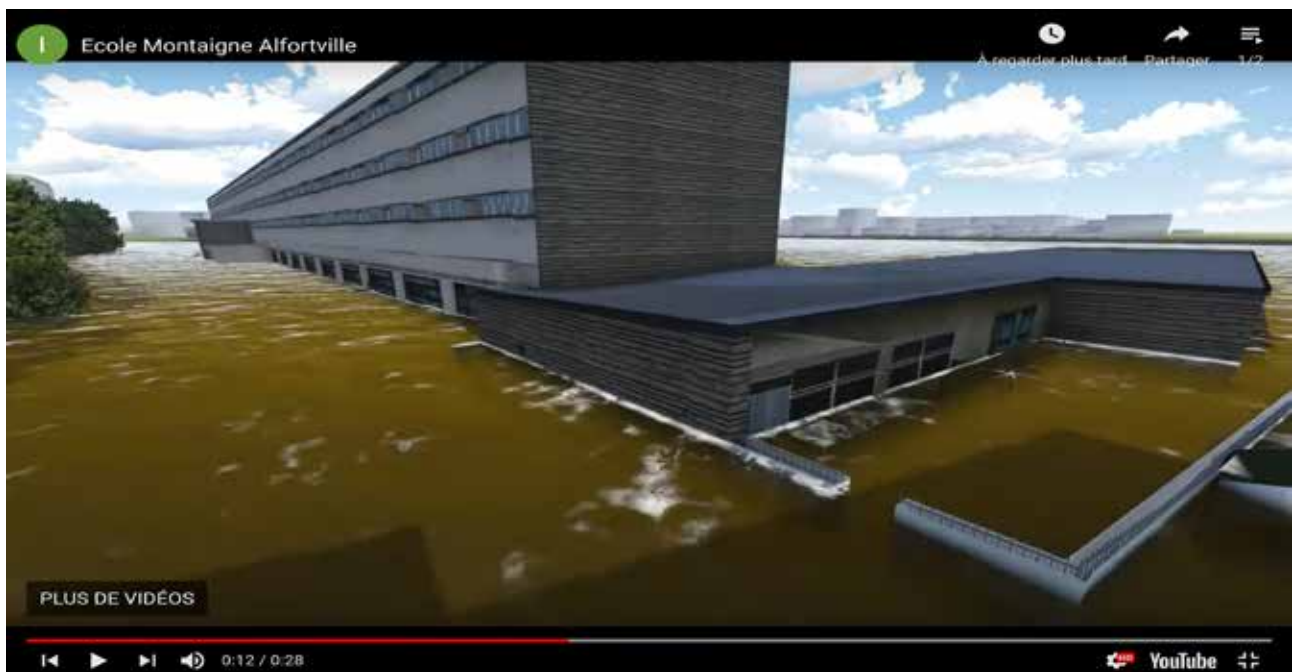


Figure 2 : Simulation d'une inondation à l'école Montaigne d'Alfortville sur le site «Mon école sous l'eau» offrant une simulation des inondations de 1910 sur les écoles

La solution, proposée par l'IGN et EvidenceB, et les contenus pédagogiques associés prévus dans ce projet peuvent concerner les élèves des cycles 2 (CP, CE1, CE2) et 3 (CM1, CM2, 6^{ème}) mais principalement le cycle 4 (5^{ème}, 4^{ème}, 3^{ème}), notamment pour les nouveaux Enseignements Pratiques Interdisciplinaires (EPI) au collège visant à construire et approfondir des connaissances et des compétences par une démarche de projet conduisant à une réalisation concrète, individuelle ou collective qui sera faite dans le jeu Minetest.

Dans ce cadre, l'écosystème des acteurs de conception a pu être défini : IGN*fab* a mis en œuvre un processus de génération de ces cartes au format utilisable par le jeu vidéo de type bac à sable Minetest, dans un service dédié appelé *Minetest à la carte*. EvidenceB a eu pour mission le développement de fonctionnalités de simulation des risques naturels et des scénarios pédagogiques intégrant les cartes conçues par IGN*fab*. Le ministère de l'Éducation nationale a été le garant financier et pédagogique des développements proposés et de l'intégration de ce dispositif dans sa plateforme de ressources nationales, Eduthèque, au travers de sa branche dédiée à l'enseignement de la géographie, Edugéo.

De fait, un écosystème technique s'est également dégagé : au sein d'Eduthèque du Ministère, Edugéo de l'IGN s'est enrichi d'un nouveau module appelé Jeu numérique Minetest qui intègre le service Minetest à la carte pour commander les cartes désirées par les enseignants et pour charger et lancer la plateforme Minetest/Kidscode qui permet de réaliser les divers outils de simulation.

Trois hypothèses pédagogiques qui sous-tendent l'écosystème numérique

Trois hypothèses pédagogiques centrales sous-tendent cet écosystème et sont porteuses d'indicateurs correspondants :

Pertinence de l'usage des jeux vidéo de type bac à sable dans le cadre de l'enseignement scolaire

Cette hypothèse s'appuie avant tout sur l'examen de la littérature universitaire qui traite de la question des usages des jeux de type bac à sable en éducation. L'un des rares articles traitant des usages de ce type de jeu pour l'éducation des compétences géospatiales conclut : « Concernant les études précédentes sur ces sujets, ainsi que la solution et l'attitude présentées ci-dessus, il est raisonnable de l'intégrer dans l'éducation géo spatiale » (Slavova, 2020). De manière plus générale, la revue de littérature effectuée met en avant différents types de compétences que

mettent en action les jeux vidéo de type bac à sable : l'engagement et la motivation, la résolution de problème, la collaboration, la manipulation 3D, la programmation, la créativité, le sentiment d'auto-efficacité (Ekaputra *et al.*, 2013), (Petrov, 2014) (Nebel *et al.*, 2016), (Bugmann *et al.*, 2018), (Andrade *et al.*, 2020), (Minaudo, 2020), (Šajben *et al.*, 2020).

Niveau de simulation suffisant afin de rendre compte des enjeux des risques naturels sur un territoire donné dans le cadre de l'enseignement scolaire

L'enseignement des risques naturels en géographie s'inscrit de fait dans celui du développement durable tel que les programmes scolaires le déclinent. C'est une question socialement vive qui intègre les problématiques des différents niveaux scolaires (cycle3/cycle4/lycée). Elle se définit ainsi : « Ce sont des questions « de société » qui interpellent les pratiques et/ou les représentations sociales des acteurs scolaires ; elles représentent un enjeu pour la société (globalement ou dans l'une de ses composantes) et suscitent des débats voire des conflits; elles font souvent l'objet d'un traitement médiatique tel que la majorité des acteurs scolaires en ont, même sommairement, connaissance. Ce sont des questions vives dans les savoirs de référence : elles relèvent du domaine des « sciences sociales » et donnent lieu à des débats souvent vifs dans les savoirs savants et/ou les pratiques sociales de référence ; pour la plupart d'entre elles, plusieurs systèmes explicatifs (paradigmes) sont en concurrence. » (Legardez *et al.*, 2001). Dans ce cadre, le degré de simulation est important, mais ce qui rend plus concret une situation d'apprentissage reste sa dimension sociale d'actualité, en l'encrant notamment dans un territoire donné et en faisant référence à l'historique des catastrophes naturelles. Cette dimension sociale rend d'autant plus réaliste la simulation qu'elle s'appuie sur la vulgarisation de documents authentiques, émanant des politiques publiques, en matière de gestion des risques naturels. En cela les mesures préventives déployées et présentées dans les Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRN), en lien avec un espace donné peuvent être rendues symboliquement dans le jeu.

Intégration possible pour le curriculum d'enseignement de la géographie scolaire

Cette dernière hypothèse quant au fort potentiel d'intégration du dispositif dans l'enseignement de la géographie s'appuie sur le modèle interprétatif des pratiques d'enseignement de la géographie développé par Jean-François Thémines (Thémines, 2004). Il y présente quatre idéaux-types de pratiques d'enseignements géographiques : la transmission d'une vision autocentrée du monde, l'initiation à un

(d') autre(s) accès au monde, non encore familier(s), la distanciation critique vis-à-vis de représentations sociales du monde, la construction d'une pratique spatiale réflexive. Ce dernier idéal-type « [...] suppose que le savoir se rapporte à l'action, dans ce que toute action d'un individu engage comme spatialité, matérielle (objets, agencements) et idéale (représentations, valeurs). Le savoir consiste en compétences d'interprétation et d'action sur des situations, dans lesquelles l'individu est engagé. L'espace géographique est un ensemble de relations constituées en agencements comprenant des objets, des personnes, des énoncés (verbaux, oraux ou écrits, iconiques), des principes organisateurs, des conceptions. [...]. Les élèves doivent comprendre que les productions spatiales sont le résultat d'interactions entre ces individus. Tout membre d'une société apparaît comme porteur de « savoirs dans l'action », savoirs qui lui permettent de défendre, plus ou moins efficacement, ses convictions et ses intérêts. Les pratiques des élèves, comme celles de tout un chacun, ont une valeur, qui leur vient de ce qu'elles sont opératoires (plus ou moins) dans le jeu social. Le professeur a alors pour fonction de permettre à ces pratiques d'être analysées, mises à distance, critiquées¹¹(Supprimer ??). La méthode d'enseignement la plus appropriée pour l'étude des pratiques spatiales (d'un espace conçu comme une ressource sociale à disposition des individus agissant), est l'étude de situations conflictuelles ou de thèmes à propos desquels s'opposent des conceptions du monde et des valeurs. Les situations de simulation sont aussi possibles [...] » (Thémines, 2004).

C'est dans cet idéal-type que nous formulons l'hypothèse d'une forte intégration du dispositif Minetest/Kidscode dans l'enseignement de la géographie scolaire.

Le dispositif fonctionnel de référence

L'approche technique de l'écosystème numérique du dispositif présenté repose sur deux ensembles complémentaires : Minetest à la carte et la plate-forme Minetest/Kidscode

Les évolutions techniques réalisées dans Minetest à la carte

La possibilité de transposer une carte issue de l'expérience et de l'expertise de l'IGN dans un jeu vidéo de type bac à sable participe fortement à la vraisemblance de la simulation des scénarios pédagogiques mis en œuvre. De fait, c'est un rouage technique essentiel du dispositif. Il offre de

plus la possibilité d'enseigner avec des données géographiques autour de son lieu de vie quotidien.

Afin de répondre à divers besoins liés à l'utilisation du service au sein des écoles et en différents cas d'usage, le service Minetest à la carte a été déduit du service grand public Minecraft® à la carte en ajoutant des évolutions qui ont, pour la plupart, bénéficié aussi au service grand public. Minetest à la carte offre ainsi les évolutions suivantes :

- Taille variable d'emprise des cartes (entre 0,5 km par 0,5 km et 5 km et 5 km) pour pouvoir générer des cartes moins volumineuses si nécessaire en cas d'exploitation sur des machines moins puissantes.
- Orientation possible de l'emprise de la carte demandée dans un axe pas uniquement Nord – Sud, afin de pouvoir s'orienter suivant un axe de rue et limiter l'effet d'escalier dans les cartes, surtout dans des contextes d'utilisation pour des objectifs traditionnels du jeu de reconstruction d'un lieu.
- Sélection thématique possible des objets représentés sur la carte (relief, route, cours d'eau...) afin de pouvoir travailler éventuellement sur un thème spécifique.
- Possibilité d'ajouter de la neige dans les cartes, cette option étant liée aux développements réalisés en parallèle pour faire des simulations d'avalanche qui nécessitent l'ajout de blocs de neige sur l'ensemble de la carte.
- Possibilité de commander des cartes sur le monde entier avec les données du relief fournies par le modèle numérique du terrain du SRTM à 90 m, associé avec les données vectorielles mondiales topographiques d'OpenStreetMap. Il est à noter que ces données vectorielles ne comportant pas toujours des hauteurs sur les bâtiments comme pour les données de l'IGN, des options ont été ajoutées pour introduire une valeur fixe ou aléatoire des hauteurs de bâtiments.
- Livraison complémentaire de la carte topographique et orthophotographique de l'emprise sélectionnée au format image qui vont aider au repérage dans l'espace.
- Connexion au système ministériel de Gestionnaire d'Accès aux Ressources (GAR), garantissant un usage sécurisé des données collectées au cours de l'utilisation du service.
- Intégration du service dans la nouvelle interface d'Edugéo, mise en place en 2021, qui propose

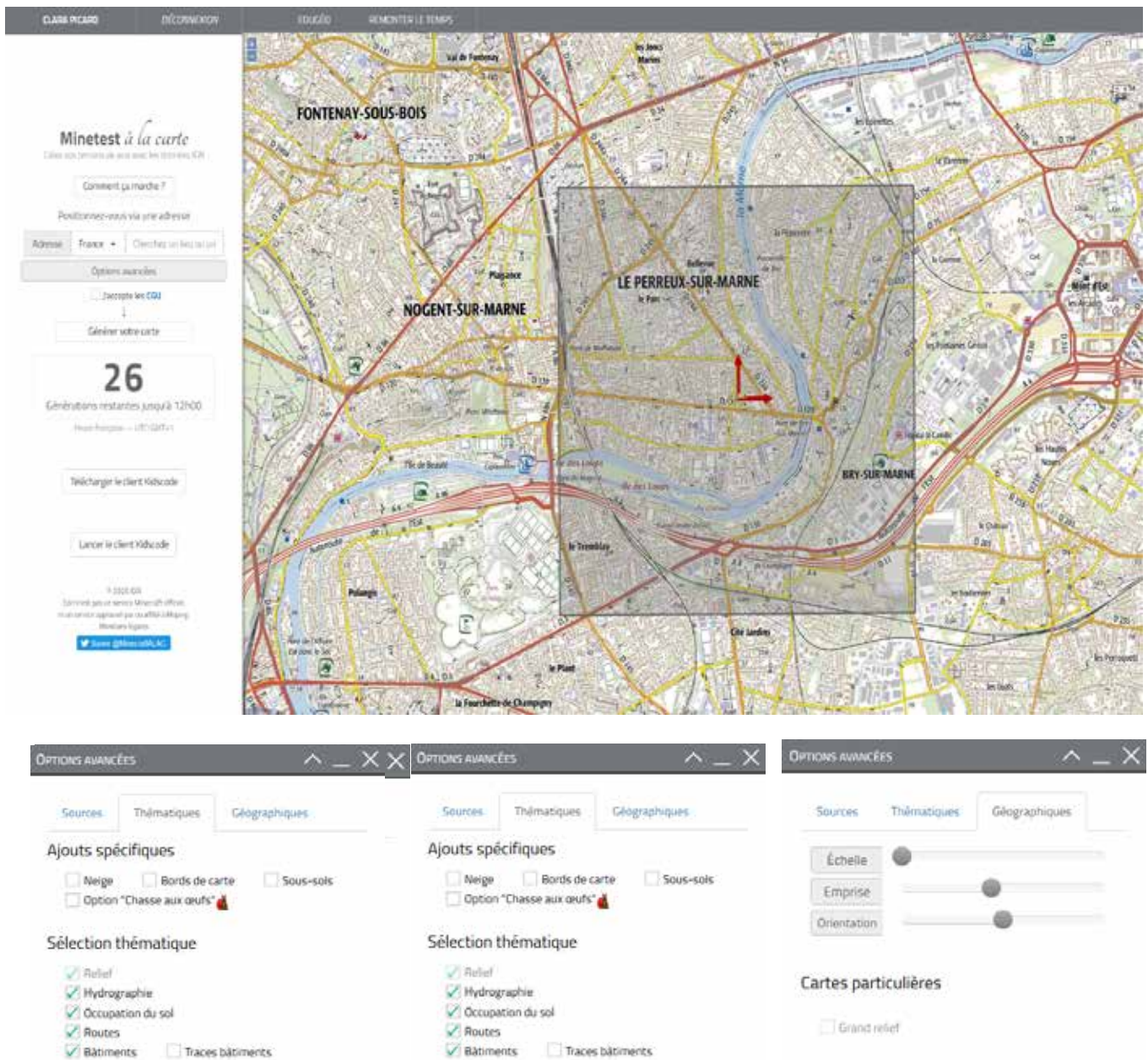


Figure 3 : Le service Minetest à la carte avec les différentes options possibles, comme la génération d'une carte avec la neige

désormais un module supplémentaire intitulé Jeu numérique Minetest. L'accès à cet espace permet de commander la carte Minetest de son choix avec différentes options (fig. 3) et d'exploiter la plateforme Minetest/Kidscode qui est présentée dans la partie suivante et qui va permettre de réaliser les simulations de risques naturels, objectif principal du développement du projet, et de sensibiliser les élèves à ces risques et aux moyens de s'en protéger

Les évolutions de la plateforme Minetest/Kidscode

Présentation générale

Kidscode est un jeu-vidéo éducatif bac à sable en trois dimensions, s'appuyant sur le moteur Minetest. Il offre aux élèves de 8 à 15 ans la possibilité de travailler les notions apprises à l'école, que ce soit dans une optique de renforcement des acquis ou bien pour une approche en douceur et ludique de certaines notions jugées plus difficiles à enseigner.

Inspiré par des méthodes d'enseignement telles que les méthodes Montessori ou Freinet, c'est dans un univers Minetest constitué de voxels (cubes) que l'élève se mue en explorateur, en partant à la découverte d'une multitude de mondes conçus par les équipes pédagogiques ou en créateur en matérialisant le sien de toutes pièces, éventuellement avec les autres membres de son groupe ou de sa classe dans le cadre de projets de groupe qui visent à faire ressortir chez les élèves des compétences telles que la créativité, l'esprit collaboratif ou la capacité à se concerter pour choisir une solution plutôt qu'une autre à un problème donné.

Même si, lors de son lancement en juin 2017, la solution Kidscode fournissait un grand nombre d'activités pédagogiques en Programmation, en Mathématiques ou même en Histoire, elle proposait cependant peu de mondes intégralement dédiés à l'apprentissage de la Géographie. En tant que solution innovante, il était important de proposer une réelle plus-value dans les contenus mis à disposition, afin de ne pas fournir une simple « copie » numérique d'exercices qu'un élève peut accomplir aussi rapidement et efficacement sur un support plus classique.

D'une façon générale, les mondes Kidscode se présentent sous deux formes : les mondes fermés et les mondes ouverts. Les mondes fermés permettent de travailler des points plus précis du programme, assurent une utilisation en solo et la différenciation

des exercices est mieux ancrée, notamment grâce au système de 'salles d'exercices'. Les mondes ouverts s'adaptent plus facilement aux projets de groupe, valorisent la créativité de chaque enfant et sont une ouverture vers des travaux étalés sur plusieurs séances. C'est sur ce second aspect que le dispositif Minetest/Kidscode a été imaginé.

Le Menu Principal

La plate-forme IGN Minetest/Kidscode a été pensée pour assurer une navigation plus fluide au sein des différents menus et interfaces affichés à l'écran mais aussi pour bien différencier l'enseignant de son élève. Ainsi, au moment de l'installation du jeu, sont proposés deux choix : un profil enseignant ou un profil élève.

Du côté du profil enseignant, il est possible d'accéder à tous les paramètres audio et vidéo mais aussi d'héberger une session multi-joueurs afin de permettre à trente élèves, par exemple, de se retrouver avec leurs avatars respectifs au sein de la même carte 3D, pour travailler sur des projets de groupe.

Au niveau du profil élève, outre les différentes options de navigation dans le jeu, l'interface se distingue par la possibilité de créer un carnet de notes, d'accéder à l'outil cartographique (explicité ci-après) et des possibilités de construction d'aménagements tels que la construction d'une digue, l'aménagement d'un quartier, la mise en place de systèmes de sécurité pour prévenir les avalanches ou encore le reboisement comme solution, parmi tant d'autres, pour lutter contre les coulées de boue.

Génération de la carte à partir de Minetest à la carte

Au-delà de la simplification à l'extrême de l'installation d'une carte commandée, l'intérêt premier du menu principal (fig. 4) est de suivre, en temps réel, le statut d'une carte précédemment commandée sur le service IGN « Minetest à la carte ». Le système de suivi est similaire à un service de shopping en ligne : l'enseignant commande sa carte, il lance le jeu IGN Minetest/Kidscode et il peut voir les différentes étapes de génération de la carte, à savoir :

- En préparation : la carte 3D demandée est en cours de génération par l'algorithme.
- Prête : la carte a été générée et peut être téléchargée. A noter que le fait de télécharger la carte l'installera aussi automatiquement sur le disque dur de l'ordinateur utilisé.
- Installée : la carte a été installée en local et est accessible par les enseignants et les élèves.

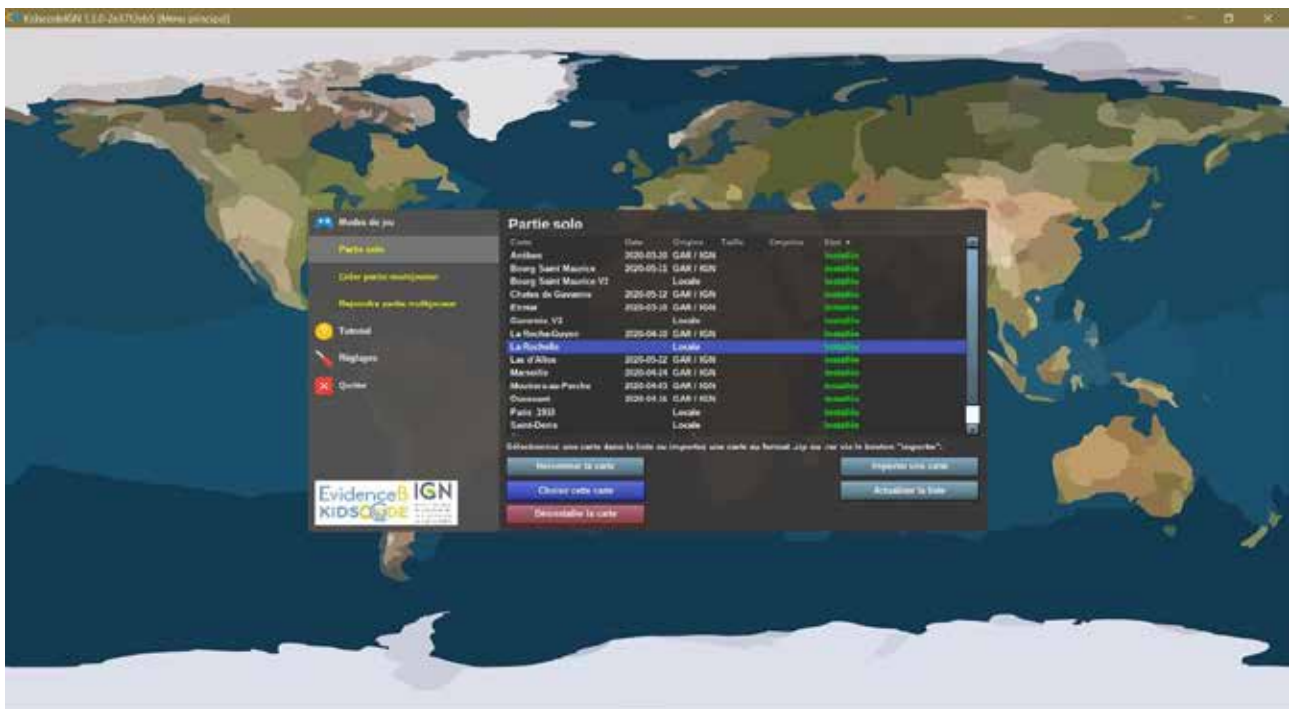


Figure 4 : Le menu principal de la plateforme Minetest/Kidscode



Figure 5 : Deux approches proposées (3D et 2D) pour travailler sur la carte demandée qui apparaît en médaillon

Lorsque la carte désirée est téléchargée, la connexion à internet n'est plus nécessaire. L'ensemble de la navigation se fait alors en local. Cette solution se révèle être un des points positifs de Minetest/Kidscode car beaucoup d'établissements scolaires ne disposent que d'un débit internet très limité ou de connexions instables. Il est également possible pour un enseignant de commander une carte chez lui et de l'importer sur son poste maître via une clé USB, par exemple.

Une fois la carte installée, deux possibilités s'offrent aux utilisateurs : Jouer en 3D ou Cartographier en 2D (fig. 5).

Ici, l'enseignant est libre de commencer son cours soit en lançant l'outil de cartographie intégré au jeu, soit en connectant ses élèves à la représentation en 3D de la ville. L'intérêt pédagogique est d'offrir la possibilité aux enseignants de choisir l'approche la plus pertinente selon le profil des élèves et l'objectif de la séance. Certains préféreront sans doute l'approche tridimensionnelle pour travailler, en priorité, la capacité des élèves à se repérer dans l'espace – d'autres préféreront l'approche cartographique, plus à même de permettre aux élèves de s'approprier de grands espaces avec une vue du dessus.

Le jeu en 3D

Les cartes 3D qui sont générées à la demande dans *Minetest à la carte* sont basées sur les données géographiques dont dispose l'IGN : relief, routes, rivières, bâtiments avec leur hauteur, ... Le résultat est un rendu 3D dans Minetest/Kidscode suffisamment détaillé pour permettre à tout utilisateur de pouvoir se repérer dans cet espace et dans la majorité des cas, malgré les contraintes techniques liées à ce type de représentation sommaire, les grands édifices et autres points de repères connus sont facilement reconnaissables (fig. 6).

L'interface utilisateur (fig. 6) a elle aussi une vocation pédagogique. En haut à droite est affichée systématiquement une 'mini-carte' qui permet de passer d'un type d'affichage à un autre (voxels Minetest, carte topographique, orthophoto), avec trois niveaux de zoom, sur simple pression d'une touche. Au centre de cette mini-carte, très proche d'une visualisation de type GPS, la position actuelle de l'utilisateur au sein de la carte 3D est indiquée par une flèche rouge.

En complément et toujours dans l'optique de faciliter l'appropriation de ces espaces par les élèves, une boussole est également affichée ainsi que l'altitude actuelle à laquelle se trouve l'avatar de l'élève mais

aussi les vraies coordonnées géographiques en latitude et en longitude, qui peuvent également être affichées en coordonnées cartographiques en Lambert-93.

Les simulations de risques naturels

Minetest/Kidscode offre aux utilisateurs la possibilité d'utiliser les cartes en 3D pour réaliser des simulations de risques naturels en quelques clics et en observer les conséquences sur l'environnement.

L'accès aux différentes simulations se fait par l'intermédiaire d'un menu appelé «Menu IGN» et là encore le logiciel ne manque pas d'expliquer étape par étape les actions à réaliser dans le jeu pour réussir la simulation dans les meilleures conditions (fig. 7).

Le logiciel permet de réaliser une montée ou une baisse du niveau de l'eau et simuler ainsi des inondations (voire un assèchement) des rivières et des fleuves ou une montée de la mer. Il est également possible de simuler des tornades, des coulées de boue, des avalanches (fig.7) ou encore des éruptions volcaniques explosives ou effusives au choix. S'il va de soi qu'on ne pourra pas provoquer une avalanche sur une zone plate, la responsabilité incombe à l'enseignant de sélectionner la carte qui se prêtera le mieux pour étudier tel ou tel phénomène.

Il est à noter que les simulations interagissent à leur façon avec l'environnement et la meilleure façon de le constater est d'utiliser les blocs et autres objets contenus dans la 'trousse à outils' et avec laquelle les élèves seront amenés à interagir pour mettre en place des mesures de prévention des risques. Râteliers paravalanche, filets paravalanche, blocs de béton pour construire des digues, buttes en bois ou en pierre, tous ces objets auront un impact sur les simulations menées. Les coulées de boue emporteront (comprenez détruiront physiquement dans le jeu) des éléments comme les buissons ou les arbres – alors que des avalanches trop fortes pourront briser les fenêtres, ou encore des tornades seront capables de soulever les toitures de certaines habitations. Des options permettent facilement de revenir en arrière et d'enregistrer des points d'étape.

Le défi technique de Minetest/Kidscode réside surtout dans le fait de trouver un juste milieu entre le désir d'afficher un maximum de détails à l'écran pour être le plus réaliste possible, les limitations dues au parc informatique vieillissant de certaines écoles et les contraintes techniques liées au moteur du jeu lui-même¹. Plus que la dynamique du phénomène naturel étudié, la plateforme Minetest/Kidscode vise plutôt à visualiser les effets de ces risques naturels dans l'environnement géographique connu. Ainsi, la simulation des risques d'inondation dans Minetest/Kidscode sera plus réaliste sur des crues lentes (où la géographie a plus d'influence) que sur des crues



Figure 6 : Le Stade de France tel que représenté dans Minetest/Kidscode



Figure 7 : Le menu IGN de simulation des risques naturels et ses différentes options, avec visualisations de différents risques naturels (inondation, tornade, coulée de boue, avalanche) dans Minetest/Kidscode

éclair (où la dynamique complexe des fluides a plus d'influence).

L'outil de cartographie

L'outil de cartographie intégré à Kidscode agit comme un pont entre une représentation cartographique ou orthophotographique du monde et la représentation virtuelle à base de voxels du jeu 3D. C'est dans l'optique, pour l'enseignant et pour ses élèves, de toujours avoir à portée de clic une ou plusieurs façons de représenter le monde que cet outil a été pensé.

Une fois lancé, le cartographe effectue un balayage du monde 3D tel que présent sur le disque dur et affiche au bout de quelques secondes une visualisation de celui-ci en 2D avec le code couleur et la représentation graphique propre à Minetest.

Sur cette carte 2D affichée dans un navigateur web, il est possible de tracer des figures géométriques, des polygones, effectuer un remplissage couleur, générer une légende, etc. Il est également possible de prendre une capture d'écran (avec ou sans les annotations – au choix) pour une future impression (fig. 8).

L'interface permet aussi de superposer, à l'aide d'un curseur, deux types de cartes supplémentaires : la carte topographique et l'orthophotographie qui ont été livrés par le service *Minetest à la carte*. En jouant sur les transparences, il est ainsi possible de voir l'impact de la simulation d'inondation directement sur la carte photographique ou l'orthophotographie (fig. 9 et 10).

En allant au-delà du sujet de la simulation, l'intérêt de cet outil, accessible uniquement dans Minetest/Kidscode, est qu'il est intimement lié à la carte 3D et aux éléments qui la composent. Ainsi, si dans le cadre d'un projet de groupe l'objectif était de réaménager un quartier de sa ville, le cartographe viendrait immédiatement mettre la représentation en 2D à jour, en effaçant ou en ajoutant les bâtiments, routes, parcs impactés par ces travaux.

Le principal intérêt pédagogique relève de deux enjeux : d'une part le passage d'une cartographie 2D et ses modes de représentation des phénomènes à un visualisateur 3D au fort engagement symbolique (au travers de la forme et des couleurs des cubes proposés), d'autre part, sur la capacité des élèves à situer, référencer les éléments du paysage proposés aussi bien en 2D et 3D, à situer leur propre avatar dans le jeu et à calculer les distances en 2D et ressentir cette distance en 3D.

Les perspectives de cet écosystème technique

Le champ des possibles est très important autour des applications pédagogiques de cet écosystème. Des *escape-games* peuvent ainsi être créés sur n'importe quelle carte, à l'aide des nombreux blocs disponibles parmi lesquels des blocs qui affichent des chiffres et des lettres, des symboles, des flèches ou encore la possibilité de créer des consignes à l'aide d'un éditeur de texte intégré au jeu qui s'afficheront ensuite à l'écran de chaque élève.

Dans cet écosystème, l'enseignant est seul à avoir accès au 'Menu Enseignant' qui permet, grâce à un système de droits, de piloter à distance ce que les élèves ont le droit ou pas de faire sur les cartes 3D. A chaque enseignant donc de définir le degré de permissivité qu'il souhaite laisser à ses élèves en fonction de l'approche pédagogique souhaitée.

Cette fonction de pilotage des actions des élèves dans le jeu est aussi fonction du scénario pédagogique proposé par l'enseignant. Minetest/Kidscode s'appuie sur le chargement possible de scénarios proposés par les enseignants qui s'appuient sur les programmes de l'Education nationale et qui facilitent leur insertion dans la continuité pédagogique des enseignements.

Cette scénarisation constitue un second volet de la dimension de fonctionnalité de référence du dispositif.

L'apport des scénarios pédagogiques

Les scénarios pédagogiques constituent un autre aspect du dispositif fonctionnel de référence. Ils agissent à la fois comme une première manifestation concrète des possibilités pédagogiques offertes par le dispositif, comme un espace d'expérimentations, mais aussi comme un élément de référence permettant d'orienter les futures pratiques des enseignants et des élèves.

En ce sens, ils s'inscrivent dans une démarche d'ingénierie pédagogique définie comme « *un système de procédures pour élaborer des programmes d'enseignement et de formation de manière cohérente et fiable* » (Gustafson, 2002). La particularité de notre approche se situe dans l'appréhension non systémique des activités de la démarche de conception pédagogique. En effet, dans une démarche systémique, les savoirs à enseigner sont définis à partir d'une commande d'enseignement, puis les activités sont planifiées en s'appuyant sur l'élaboration de ressources pour

1 Le jeu utilise le moteur 3D temps réel Irrlicht dont les premiers développements ont commencé en 2003 et une première version a été lancée sous licence zlib en 2006.



Figure 8 : Représentation en 2D du Vieux-Port de Marseille et de ses alentours



Figure 9 : Simulation d'une montée des eaux de 3 mètres au niveau du Vieux-Port de Marseille

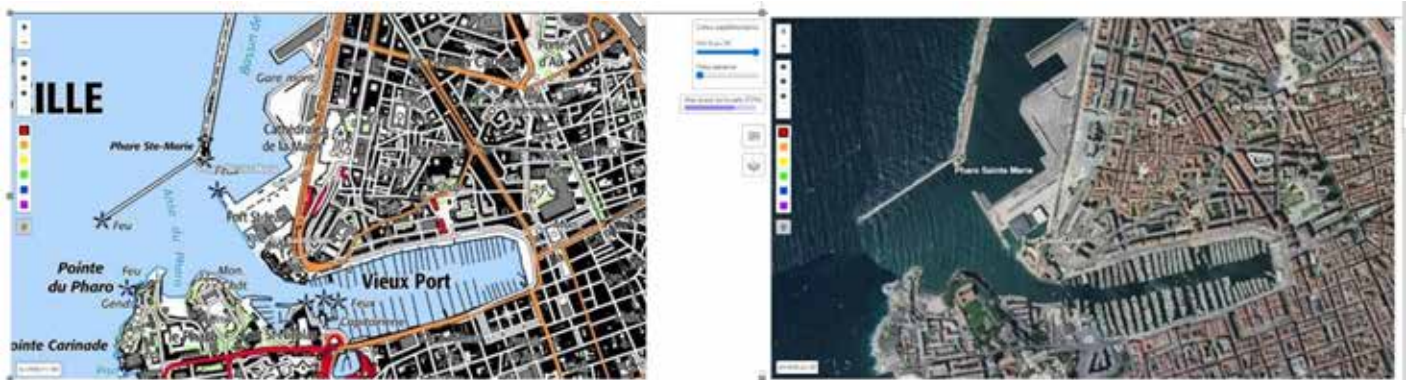


Figure 10 : Carte topographique et orthophoto du Vieux-Port de Marseille

enseigner (Tricot, 2020). Dans notre cas, nous sommes dans l'élaboration expérimentale des ressources pour l'enseignement.

Des critères d'analyses ancrés dans le rapport au réel

Nous prenons en considération trois critères d'analyse de conception qui permettent de qualifier la robustesse de notre dispositif au regard de la question de la pertinence d'usage de Minetest/Kidscode pour la compréhension et l'analyse des risques naturels dans un contexte d'enseignement. Ces trois critères sont en rapport direct avec les trois hypothèses formulées précédemment, en les reprenant :

- Critère n°1 : Degré de pertinence d'usage d'un scénario de jeu de type bac à sable dans le cadre de l'enseignement des risques naturels.
- Critère n°2 : Degré de simulation rendu par rapport aux enjeux de dangers potentiels d'un territoire.
- Critère n°3 : Degré d'intégration dans la géographie scolaire.

Elaboration d'un corpus pour l'analyse

À l'origine de ces scénarios, la demande était orientée autour de trois grandes thématiques en lien avec l'enseignement de la géographie scolaire : découvrir les espaces de vie proches du lieu d'habitation, appréhender l'aménagement du territoire et la prévention des risques. Les fonctionnalités complémentaires qui ont été développées permettent de rendre compte de phénomènes climatiques comme l'inondation, la montée du niveau des océans, l'avalanche, l'éruption volcanique.

Trois études de cas sont retenues autour des espaces de La Rochelle, La Réunion et Bourg-Saint-Maurice. Ces études de cas s'inscrivent dans les programmes des cycles 3 et 4 et ceux du lycée :

- *Etude de cas de La Rochelle* : l'activité prend place dans le programme de 5^{ème} de géographie, thème 3 : « prévenir les risques et s'adapter au changement global dans une dimension régionale (Port de La Rochelle, qui constitue une étude de cas) ». Elle peut également se situer dans le thème 3 du programme de 6^{ème} sur « habiter les littoraux » avec une mention des vulnérabilités des littoraux.
- *Etude de cas sur Bourg-Saint-Maurice* : l'activité peut s'intégrer au programme de la classe de seconde, en géographie, thème 1 :

« Sociétés et environnement : des équilibres fragiles, étude de cas principal « Les Alpes : des environnements vulnérables et valorisés ». Elle peut également être présente dans le programme de géographie, le thème 3 de la classe de 5^{ème} « Prévenir les risques avec une étude de cas sur les effets potentiels du changement climatique et la mise en œuvre d'une politique locale pour les éviter ».

- *Etude de cas de La Réunion* : l'activité peut prendre place en classe de seconde et son thème 1 : « Sociétés et environnement : des équilibres fragiles » ; Question spécifique sur la France : « des milieux métropolitains et ultramarins entre valorisation et protection ». Elle peut également se situer dans le thème 3 du programme de 6^{ème} sur « habiter les littoraux » avec une mention des vulnérabilités des littoraux.

Plongée dans l'univers de Minetest/Kidscode

S'orienter dans l'espace

Cette première activité se retrouve systématiquement dans les trois scénarios proposés. Il s'agit pour les élèves d'une activité d'orientation dans la vision modélisée. L'objectif est de faire du lien entre une représentation connue du territoire, la carte et une représentation peu connue, voire inconnue des élèves, celle mise en œuvre dans Minetest/Kidscode.

Les élèves sont répartis en groupes de 4-5 élèves pour cette activité. Pour chaque groupe, il convient de définir 4 lieux. Pour chaque étude de cas, en fonction des possibilités géographiques, une douzaine de lieux ont été repérés à titre indicatif.

Ainsi, sur La Rochelle, les élèves chargent la carte sur le cartographe et doivent repérer 4 lieux sur celle-ci : la mairie, le port des Minimes, le bassin à flot, le quartier de La Palice. Pour se faire ils utilisent les outils de dessin sur la gauche de l'interface et, grâce à un rectangle, ils délimitent les quatre espaces et avec l'outil de texte, ils les nomment (fig. 11). Ils peuvent jouer sur les transparences de la photo aérienne et sur le scan 25 pour mieux repérer les bâtiments. Ils prennent une photo de leur résultat avec l'outil adéquat sur la droite puis ils adressent leurs résultats à leur enseignant. Ce premier travail sur le cartographe est difficilement contournable dans la mesure où il propose une première approche des lieux en deux dimensions, tout en introduisant le graphisme pixelisé proche de l'environnement qui sera le leur dans la version 3D.

Une fois ce travail fait, ils laissent ouvert le cartographe dans le navigateur web, puis ils ouvrent Mi-

netest/Kidscode. Un seul lieu leur est indiqué sur la carte, c'est l'espace de téléportation, dans l'exemple rochelais, le stade Marcel Deflandre. Puis ils vont dans Minetest/Kidscode (ils sont téléportés au stade Marcel Deflandre) et font élever leur avatar à une hauteur de 20 mètres au-dessus du niveau de la mer. Cette élévation permet de repérer les quatre espaces selon leur forme ou leur emplacement. Ils doivent désigner par un marqueur rouge ces quatre espaces puis expliquer ce qu'ils ont fait dans le journal de bord. En laissant le cartographe ouvert, en parallèle, les élèves peuvent suivre leur propre évolution et continuer à se repérer, favorisant le lien entre une vision 2D et une vision 3D de l'ensemble. Ils peuvent également suivre l'évolution des autres groupes de joueurs.

L'enseignant peut également avoir préalablement marqué ces espaces avec quatre couleurs différentes, les élèves n'ayant plus qu'à les nommer et écrire leurs solutions dans le journal de bord. Avec le cartographe, l'enseignant peut proposer une alternative en temps limité. La possibilité de voir les autres joueurs évoluer renforce la dynamique de groupe.

Observer pour analyser et agir

Les élèves observent les phénomènes naturels déclenchés (montée des eaux, avalanches, éruption volcanique...), l'analysent et trouvent des solutions à proposer aux autorités. Dans Minetest/Kidscode en 3D, les élèves reçoivent un message délivré par l'enseignant pour tous les groupes, les contraignant à se rendre à proximité d'une zone définie par l'enseignant désignée dans la carte du Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) correspondant (voir les sections suivantes les précisions pour chaque étude de cas). En jouant sur les différentes perspectives de lecture du paysage (via le champ de vision de leurs avatars), ils peuvent définir l'étendue des dégâts générés (type de bâtiments impactés, hauteur du phénomène, zone impactée, infrastructures de communication touchées). L'ensemble de ces éléments est figuré dans Minetest/Kidscode (les bâtiments impactés sont représentés selon un dégradé de rouge, fonction de l'importance de la submersion, les élèves peuvent dessiner une surface correspondant à l'étendue de la submersion). Pour chaque groupe, il est possible d'avoir des lieux différents, le phénomène naturel déclenché couvrant un vaste territoire.

L'ensemble des observations peut être consigné dans le cartographe grâce à l'outil d'annotations. A ce

moment-là, les résultats des élèves sont envoyés en prenant un instantané de la situation.

Dans le cartographe, l'enseignant a la possibilité de proposer, en jouant sur la transparence des couches, de créer une délimitation plus fine de l'étendue de l'impact du phénomène naturel déclenché, grâce aux outils de dessin de polygones. Se faisant, il facilite le travail de représentation de l'étendue, concept mathématique déterminant en géographie et cartographie. Une fois l'ensemble de ces observations faites, chaque groupe rejoint le point de départ de téléportation.

Dans l'étude de cas sur La Rochelle, les élèves observent la montée des eaux. Pour définir les différents éléments nécessaires à l'étude de cas, il convient de s'appuyer sur le PPR de la Rochelle. Le document général² ainsi que la carte correspondante (C1)³ sont disponibles pour les élèves. Dans notre cas, les différents lieux d'observation de la montée des eaux sont à prendre dans la zone Rs2, de couleur marron sur la carte (C1).

En ce qui concerne Bourg-Saint-Maurice, les élèves s'intéressent aux phénomènes d'avalanches et d'éboulement. Le PPR de référence⁴ est disponible : les zones principales impliquées par les avalanches ou les éboulements sont définies.

Pour le cas de La Réunion, les élèves observent les phénomènes d'éruption volcanique et d'éboulement. à partir du PPR de référence⁵.

Comment faire face aux risques naturels ?

Lorsque les différents lieux et/ou les différents parcours sont terminés, les élèves peuvent rendre compte de leurs travaux de représentation du phénomène naturel déclenché sur le cartographe. Chaque groupe présente au reste de la classe son travail à partir des éléments représentés et de son carnet de bord. Les autres groupes viennent enrichir le travail. L'ensemble des éléments est repris en classe entière avec l'enseignant via le cartographe puis la carte IGN pour trouver de nouvelles solutions, inspirées ou pas du PPRN. Pour faciliter la parole des élèves, il est également possible de leur faire un certain nombre de propositions généralistes (une liste est proposée pour chaque étude de cas en fonction du PPRN). Puis chaque groupe prend en charge la description d'une proposition de solutions, éventuellement inspirée du PPRN, et la présente aux

2 http://www.charentemaritime.gouv.fr/content/download/38558/242110/file/4_Rglt_La%20Rochelle_Modif_D%C3%A9finitif.pdf

3 http://www.charente-maritime.gouv.fr/content/download/38557/242106/file/3_Z08-

4 http://www.savoie.gouv.fr/content/download/13933/105160/file/BSM_Note_present_2004.pdf

5 http://www.reunion.gouv.fr/IMG/pdf/note_presentation_st_joseph.pdf



Figure 11 : La Rochelle dans le Cartographe avec les outils d'édition pour les élèves



Figure 12 : Les blocs disponibles dans Minetest/Kidscode pour se protéger de risques naturels

autres élèves : renforcement des digues, construction de nouvelles digues ou barrages, expropriation de certaines zones dangereuses, destruction de certains bâtiments en zone potentiellement submersible, délimitation des zones où il n'est plus possible de bâtir, délimitation des zones où la construction est soumise à certaines conditions, création de parcs, ...

L'ensemble de ces possibilités est matérialisé dans le jeu en 3 D par des options de blocs spécifiques (fig. 12) :

Par la suite, les élèves vont non seulement devoir faire des propositions mais aussi retourner dans Minetest/Kidscode pour réaliser leurs propositions, en délimitant par exemple des zones interdites, ou déposer des blocs ou objets correspondants (matériel à prévoir en fonction des propositions de l'enseignant). Une fois ces éléments représentés dans Minetest/Kidscode, les groupes exportent leurs données dans une carte IGN et présentent aux autres élèves leurs choix d'aménagements.

Dans ce cadre, les propositions d'aménagements des élèves sont représentées dans le cartographe ; les élèves peuvent délimiter leurs actions au travers de l'outil polygone, en jouant sur les transparences des couches cartographiques pour les localiser et les présenter par écrit grâce aux annotations.

Ce rendu à tout autre échelle, permet de rendre visible le travail des élèves et peut servir de support à une présentation en classe et/ou à une synthèse pour l'enseignant.

Quelques éléments d'analyse des scénarios pédagogiques

La dimension vécue du dispositif n'a pas été explorée ici, l'échantillonnage de données étant trop faible pour en présenter des analyses et des conclusions fiables à ce jour. Néanmoins en réinterrogeant les trois critères que nous avons définis précédemment, il nous paraît possible d'apporter quelques contributions à l'éclaircissement des hypothèses posées.

Critère n°1 : Degré de pertinence d'usage d'un scénario de jeu de type bac à sable dans le cadre de l'apprentissage des risques naturels

Concernant ce premier critère nous pouvons définir quelques indicateurs de pertinence au regard des compétences définies dans les programmes issus des recherches universitaires. Il nous paraît intéressant d'interroger les compétences de collaboration/coopération des élèves, leur aptitude à se situer dans un environnement 3D, ainsi que la manipulation d'objets dans cet environnement. Certaines activités des scénarios s'apparentent à la résolution de problèmes complexes, compétence qui peut également être interrogée.

Du point de vue curriculaire, ces scénarios pédagogiques sont propices à l'évaluation de compétences en lien avec l'enseignement de la géographie, particulièrement en cycle 4⁶ :

Il en va de même dans les classes de lycée :

Compétences du cycle 4	Compétences décrites
Se repérer dans l'espace : construire des repères géographiques	Manipulation des éléments en 3D et passage en 2D ; localisation de soi et des autres dans les univers 2D – 3D ; identification des représentations des principaux lieux de vie en 2D-3D
Raisonner, justifier une démarche et les choix effectués	Résolution d'un problème complexe, sentiment d'auto-efficacité
S'informer dans le monde du numérique	Motivation et engagement dans un univers 3D largement connu dans un contexte scolaire structuré par l'enseignant
Pratiquer différents langages en géographie	Manipulation des éléments 3D et passage en 2D
Coopérer et mutualiser	Collaboration et coopération

⁶ <https://eduscol.education.fr/histoire-geographie/enseigner/ressources-par-competence-du-socle/cycle-4.html>

Compétences au lycée	Compétences décrites
Se repérer dans l'espace : Nommer et localiser les grands repères géographiques	Manipulation des éléments en 3D et passage en 2D ; localisation de soi et des autres dans les univers 2D – 3D ; identification des représentations des principaux lieux de vie en 2D-3D
Mettre en œuvre le changement d'échelle	Manipulation des éléments en 3D et passage en 2D ; localisation de soi et des autres dans les univers 2D – 3D ; Manipulation de son avatar 3D modification des points de vue en 3D pour mieux appréhender une situation. Manipuler en 2D les outils de géovisualisation (cartographe)
S'approprier une problématique géographique ; raisonner, faire des hypothèses, justifier une démarche et les choix effectués	Résolution d'un problème complexe, sentiment d'auto-efficacité
Construire une argumentation géographique	Résolution d'un problème complexe, sentiment d'auto-efficacité
Utiliser le numérique	Motivation et engagement dans un univers 3D largement connu dans un contexte scolaire structuré par l'enseignant
Connaître et savoir utiliser différents langages en géographie	Manipulation des éléments 3D et passage en 2D

Critère n°2 : Degré de simulation rendue par rapport aux enjeux des dangers potentiels d'un territoire

La notion de simulation a été déjà abordée d'un point de vue technique précédemment. Il est difficile de parler ici de simulation au sens numérique du terme, mais plutôt de visualisation 3D des effets potentiels de phénomènes naturels.

Pour rendre compte du degré de simulation du jeu, nous empruntons la notion d'authenticité, confondue avec celle de crédibilité du scénario qui prend en compte bien d'autres aspects que la dimension technique de la plateforme utilisée. « Nous proposons que l'authenticité est le résultat d'un compromis entre une authenticité externe (ressemblance à une référence de la vie réelle), une authenticité interne (cohérence interne des situations proposées) et une authenticité didactique (pertinence par rapport à des objectifs d'apprentissage) » (Goncalves, 2011). S'il manque aujourd'hui, une étude sur le vécu des situations d'apprentissage, certains éléments des scénarios permettent de mieux cerner certains enjeux.

En effet, du point de vue de l'authenticité externe, deux éléments concourent à renforcer le degré d'authenticité :

D'une part, l'apport des contextes cartographiques de l'IGN, via le service Minetest à la carte qui constitue les données de référence de géolocalisation

D'autre part, l'usage des documents authentiques (au travers de la vulgarisation des Plans de Prévention des Risques) qui permet d'aborder la problématique de la gestion des risques naturels comme une question socialement vive. Il s'agit d'ancrer le travail des élèves dans une dimension réaliste par le recours au document authentique. C'est par ce biais que les scénarios positionnent les risques naturels comme questions socialement vives : au-delà de l'enjeu qu'ils représentent, les événements climatiques déclenchés, qui, par analogie, rappellent ceux massivement médiatisés, trouvent leur règlement au travers de différentes solutions proposées aux élèves, en ligne directe avec les recommandations des PPR. C'est par l'adaptation en 3D des solutions préconisées dans les documents authentiques que le lien au réel s'effectue ; les documents authentiques étant souvent une catégorie de documents utilisés dans l'enseignement des langues.

Du point de vue de l'authenticité interne, les scénarios proposés sont structurés autour d'activités progressives avec une ou deux variantes si cela est rendu possible. Les trois scénarios sont construits autour de modèles communs. Ces deux aspects renforcent la cohérence interne des situations proposées. Néanmoins, comme précisé précédemment, ces éléments constituent un premier pas dans le champ des possibles et nécessite une expérimentation sérieuse.

Quant à l'authenticité didactique, c'est la double inscription dans le curriculum géographique du collège

et du lycée qui donne un degré supplémentaire d'authenticité. Les scénarios s'inscrivent dans les thématiques des programmes mais aussi dans les ressources publiées dans Eduthèque, qui constituent la référence ministérielle des ressources publiées en ligne. Cette inscription facilite l'engagement des enseignants dans l'usage de la plateforme. Par ailleurs, la distinction des compétences susceptibles d'être entrevues et éventuellement évaluées dans les scénarios s'inscrivent dans le socle commun des compétences pour le collège et les compétences identifiées dans les programmes de lycée.

Critère n°3 : Degré d'intégration dans la géographie scolaire.

Le degré d'authenticité didactique est de fait un indicateur possible pour ce troisième critère d'intégration dans la géographie scolaire. Le second indicateur possible relève de l'analyse des scénarios pédagogiques au prisme du quatrième idéal-type défini par Jean-François Thémines (Thémines, 2004), à savoir la construction d'une pratique spatiale réflexive. Ce second indicateur agrégé pourrait prendre en compte les compétences vidées de cette pratique spatiale réflexive, en particulier celles visées dans les curriculums scolaires : spécifiquement, au collège autour de « Raisonner, justifier une démarche et les choix effectués » ; au lycée, d'une part, « S'approprier une problématique géographique ; raisonner, faire des hypothèses ; justifier une démarche et les choix effectués » et « Construire une argumentation géographique »

Discussions

Si ces premiers critères d'analyses de ces scénarios n'ont pas pu être évalués, certaines discussions ont pu être affinées, en particulier la question de la simulation. Cette dimension paraît centrale parce qu'elle implique, au travers du principe d'authenticité, le troisième critère d'intégration dans la géographie scolaire, qui lui-même implique les compétences et les indicateurs du premier critère (fig. 13).

Ainsi, si Minetest/Kidscode ne peut pleinement prétendre être une plateforme de simulation, ses caractéristiques correspondent cependant pleinement à celles d'un jeu de simulation. Celui-ci peut se définir comme un modèle mimant la réalité de manière simple (mais non simpliste) en mettant en avant les éléments les plus caractéristiques d'une situation (et en omettant les détails non significatifs). Ce modèle est dynamique grâce aux interactions des joueurs en compétition ou en collaboration, dans une structure définie par des règles et des objectifs (Sauvée *et al.*, 2010). Le réalisme d'un jeu de simulation se mesure à l'aune du rendu des principales caractéristiques d'une situation géographique définie par l'enseignant.

Par ailleurs, le degré d'authenticité interne, autour de la cohérence des situations proposées, est aussi un indicateur valide pour déterminer dans quelle mesure il est possible de considérer ce dispositif comme un outil d'enseignement à la planification coopérative d'aménagements face aux risques naturels, en s'appuyant sur l'analyse des jeux de bacs à sable, vus comme un « outil de planification participative » (Bashandy, 2020).

Conclusion : de l'école au citoyen

Le dispositif de formation présenté, avec ses deux premières parties de dispositif idéal et de dispositif fonctionnel de référence, peut désormais rencontrer la troisième dimension de dispositif tel qu'il est vécu avec son introduction en 2021 dans l'offre Edugéo de l'IGN pour l'ensemble des professeurs et leurs élèves des écoles et lycées inscrits à Eduthèque. D'ici quelques mois, les conclusions sur ce dispositif éducatif pourront être examinées après une utilisation plus large à l'Éducation nationale.

En dehors du domaine de l'école, une expérimentation a pu déjà être menée pour s'ancrer dans le quotidien du citoyen de plus en plus concerné par les phénomènes d'inondation. Lors des crues de l'hiver 2021 de la Dordogne, l'IGN a réalisé des prises de vues aériennes pour les besoins du Service central d'hydro-météorologie et d'appui à la prévision des inondations (SCHAPI). Avec ces prises de photos réalisées au plus près de la crue maximale, des orthophotographies express sont réalisées par l'IGN afin d'aider à l'identification de l'étendue des inondations.

Cette opération donnait l'occasion d'expérimenter les simulations proposées par Minetest/Kidscode et de comparer les résultats obtenus avec ceux fournis par les orthophotographies. Le village de Couthures-sur-Garonne qui a fait l'objet de reportage télévision a permis d'ancrer l'expérimentation au plus près de la réalité. L'ensemble des outils présentés précédemment a aidé à la réalisation des résultats présentés dans la figure 13 de simulation 3D avec comparaison avec une photographie oblique vue du ciel prise au moment de la crue, et dans la figure 14, de simulation dans le cartographe comparée avec l'orthophotographie express réalisée par l'IGN.

La ressemblance de la simulation obtenue sur cet exemple, ainsi que la facilité d'obtention de ce résultat avec Minetest/Kidscode permettent d'envisager de nouveaux usages à cette solution, notamment pour sensibiliser les citoyens aux risques d'inondation qui concernent 18 millions de personnes en France.

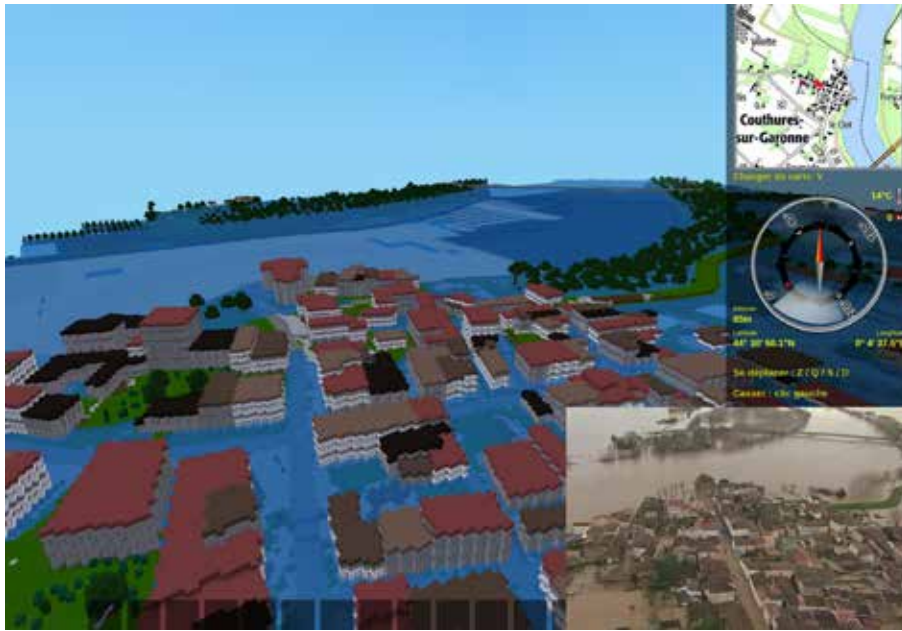


Figure 13 : Simulation dans Minetest/Kidscode de la crue à Couthures-sur-Garonne en février 2021.
En médaillon, une photo, prise d'avion, de la crue qu'on peut comparer avec la simulation 3D



(a)



Figure 14 : (a) Simulation dans le cartographe de la crue à Couthures-sur-Garonne, avec la carte au 1 :25 000 en transparence.
(b) L'orthophotographie express réalisée par l'IGN sur la crue à Couthures-sur-Garonne en février 2021

Bibliographie

Agostinelli, C. (2016). *Les écosystèmes numériques*. Paris, Presses des Mines.

Albero, B. (2010). « La formation en tant que dispositif : du terme au concept ». Dans B. Charlier, *La technologie de l'éducation : recherches, pratiques et perspectives*. Paris, PUF, pp. 47-59.

Andrade, B., Poplin, A., et Sousa de Sena, I. (2020). « Minecraft as a Tool for Engaging Children in Urban Planning: A Case Study in Tirol Town, Brazil ». *International Journal of Geo-Information*.

Bugmann, J., et Karsenti, T. (2018). « Le jeu vidéo Minecraft en éducation : quels impacts à l'école primaire ? » *Didapro* 7.

Bashandy, H. (2020). "Playing, Mapping, and Power: A Critical Analysis of Using "Minecraft" in Spatial Design" *American Journal of Play*, pp. 363-389

Ekaputra, G., Lim, C., et Eng, K. (2013). "Minecraft: A Game as an Education and Scientific Learning Tool". *Information Systems International Conference (ISICO)*.

Goncalves, C. (2011). « Authenticité d'un jeu sérieux : un modèle pour la conception et pour l'analyse », *Revue des Sciences et Technologies de l'Information - Série RIA : Revue d'Intelligence Artificielle*, pp. 281-308.

Gustafson, K. L. (2002). "What is Instructional Design. *Trends and issues in instructional design and technology*", 16-25. Consulté sur Northern Arizona University : <http://jan.ucc.nau.edu/~etcc/etc667/2006/readings/gustafson1a.pdf>.

Hays, R., et Singer, M. (1989). *Simulation fidelity in training system design: Bridging the gap between reality and training*. Springer.

Lecordix F., Frémont, D., Jilani, et al. (2016). « Minecraft® à la carte, un nouveau service de l'IGN qui allie jeu et cartographie 3D », *Cartes & Géomatique*, N° 233, septembre 2017.

Legardez, A., et Alpe, Y. (2001). La construction des objets d'enseignement scolaires sur des questions socialement vives : problématisation, stratégies didactiques et circulation des savoirs. *4ème Congrès de l'AECSE*. Lille.

Minaudo, M. (2020). "Minecraft and coding in education: an overview of effect of gamification". *International Robotics & Automation Journal*.

Nebel, S., et Rey, G. (2016). "Mining Learning and Crafting Scientific Experiments: A Literature Review on the Use of Minecraft in Education and Research". *Educational Technology & Society*, pp. 355-366.

Peeters, H. et Charlier, P. (1999). « Contributions à une théorie du dispositif ». *Hermès*, pp. 15-23

Petrov, A. (2014). *Using Minecraft in Education : A Qualitative Study on Benefits and Challenges of Game-Based Education*. University of Toronto.

Šajben, J., Klimová, N., et Lovászová, G. (2020). *Minecraft: Education Edition as a Game-Based Learning in Slovakia*. *12th annual International Conference on Education and New Learning Technologies*.

Slavova, T. (2020). *Exploring Minecraft as a tool*. *8th International Conference on Cartography and GIS*. Nessebar.

Sauvé, L., Renaud, L., et Kaufman, D. (2010). « Les jeux, les simulations et les jeux de simulation pour l'apprentissage ». Dans Sauvé, L. et Kaufman, D., *Jeux et simulations éducatifs: Études de cas et leçons apprises*. Québec: Presses de l'Université du Québec, pp. 13-43.

Thémines, J.-F. (2004). « Quatre conceptions de la géographie scolaire : un modèle interprétatif des pratiques d'enseignement de la géographie ? » *Cybergeo : European Journal of Geography*.

Tricot, M. (2020). *Précis d'ingénierie pédagogique*. Bruxelles: DeBoeck.

Veyret, Y. (1997). « Enseigner les risques naturels: une «nouvelle géographie physique» ». *Bulletin de l'Association de géographes français*, pp. 273-281.