



Évaluer l'effet des prévisions probabilistes orientées-impacts sur la prise de décision en situation de crise hydrométéorologique par le jeu sérieux

Déborah Bodini

► To cite this version:

Déborah Bodini. Évaluer l'effet des prévisions probabilistes orientées-impacts sur la prise de décision en situation de crise hydrométéorologique par le jeu sérieux. Géographie. 2022. dumas-03776713

HAL Id: dumas-03776713

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03776713>

Submitted on 14 Sep 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MASTER Domaine : **SHS**

Mention : **GAED** (Géographie, Aménagement, Environnement, Développement)

Parcours **GÉOïDES** (Géographie, Information, Interface, Durabilité, Environnements)

**Évaluer l'effet des prévisions probabilistes orientées-impacts sur la prise de
décision en situation de crise hydrométéorologique par le jeu sérieux**

Réalisé à l'Institut des Géosciences et de l'Environnement (IGE)
(UMR5001 / UGA / CNRS)

Mémoire soutenu le 29/06/2022

Par : **Déborah BODINI**

Devant un jury constitué de :

Directeur de mémoire : Madame Sandra Rome (Maître de conférences, UGA-IGE)

Examineur(s) : Madame Élise Beck (Maître de conférences, UGA-PACTE)

Maitre de stage : Madame Isabelle Ruin (Chargée de Recherche CNRS- IGE)

Année 2021-22



Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre de Recherche-action collaborative pour mieux expliciter les besoins et contraintes des acteurs opérationnels dans l'usage des modèles de prévisions orientées-impacts, pour la gestion de crise liée à l'occurrence d'événements hydro-météorologiques extrêmes. Dans le cadre d'un projet financé par l'Agence National de la Recherche (ANR), nommé « Préviation Immédiate Intégrée des Crues Soudaines » (PICS)¹, les membres du projet ont souhaité remobiliser et adapter le jeu ANYCaRE développé dans le cadre du projet Européen ANYWHERE² par Terti *et al.* (2019) pour tester l'intérêt des informations issues des nouvelles chaînes de prévision auprès du « groupe utilisateurs » du projet PICS (Ruin *et al.* 2022).

Ce mémoire synthétise le travail réalisé pour : i) **développer le jeu PICSCaRE (adapté du jeu ANYCaRE)** qu'on peut qualifier de « mise en pratique ludo-collaborative » ou « d'expérience ludique de gestion de crise » ; ii) **mettre en place une méthodologie permettant d'évaluer le dispositif et ses effets**.

De nombreux jeux sérieux sont développés par des équipes de recherche dans le domaine de l'environnement et des transitions socio-écologiques³, mais la question de l'évaluation de leurs effets reste peu développée. Ainsi, mon travail vise à élaborer un protocole expérimental comprenant une combinaison d'outils qualitatifs et quantitatifs visant à mesurer les effets de l'expérience sur les savoir-faire ainsi que sur, l'appropriation et l'usage des prévisions probabilistes des impacts sur les décisions en situation d'incertitude et d'urgence. Le dispositif de jeu PICSCaRE*, adapté à partir du jeu ANYCaRE, constitue le support de l'expérimentation à partir duquel, a été élaborer le protocole d'évaluation. Le jeu PICSCaRE offre un environnement sécurisé et simplifié permettant d'évaluer l'opérationnalité et la pertinence des prévisions d'ensemble probabilistes dans le contexte de prises de décisions collectives en situation d'urgence simulée. Le protocole d'évaluation produit dans le cadre de ce travail s'accompagne de la formalisation d'une base de données, en vue d'analyses multi-niveaux. Les premiers résultats issus de sessions de jeu réalisées notamment avec le groupe utilisateurs du projet PICS, permettront de voir si le jeu PICSCaRE facilite la compréhension des enjeux de la prise décision collective et des savoir-faire utiles à la gestion de crise. Puis, nous vérifierons l'hypothèse que ces changements peuvent être associés aux variables caractérisant l'individu et le contexte de simulation. Enfin, nous évaluerons l'appropriation et la plus-value des informations issues des chaînes de prévisions probabilistes d'ensemble.

¹ Projet PICS : <https://pics.ifsttar.fr>

² Projet ANYWHERE: <http://anywhere-h2020.eu>

³ Illustré par les démarches comme les Journées GAMAE (9 et 10 juin 2022) <https://gamae2022.journees.inrae.fr>
Projet GAMAE, site web en construction <https://gamae.fr/gamae-science/>

Remerciements

Je remercie chaudement ma tutrice de stage, Mme Isabelle Ruin de m'avoir permis d'intégrer son équipe de recherche pluridisciplinaire pour réaliser cette mission. Je tiens aussi à remercier toutes les personnes qui ont participé au bon déroulement du stage et à la réalisation de ce mémoire. À tous ceux qui m'ont aidé à comprendre l'univers des jeux sérieux pour la gestion de crise.

Merci à Guilhem Dupuis de l'Institut des Risques Majeurs (IRMA) pour le partage de son expérience, de ses sources et des outils développés par l'Institut pour accompagner les exercices de formation à la gestion des risques.

Un grand merci à Monsieur Éric Piatyszek, chercheur en hydrologie à l'École des mines de Saint-Etienne, pour sa disponibilité, ses mises en relation notamment avec l'École des mines d'Alès dont la gestion de crise est la spécialité. Merci pour votre intérêt dans l'élaboration du protocole d'évaluation. Merci à vous et aux acteurs territoriaux de la commune de YENNE pour leur généreuse invitation à la découverte de l'expérience de jeu CitinCrise.

Merci à l'équipe du Pôle Alpin des Risques naturels (PARN), pour son envie de collaborer et son aide pour conduire ce projet. Un merci tout particulier à Marian Phillips, en stage dans cette structure, car notre collaboration fructueuse m'a permis de conduire avec un regard encore plus large, ce projet de recherche.

Merci aussi aux jeunes chercheuses de l'Institut des géosciences de l'environnement (IGE), notamment à Claudia Teran-Escobar, chercheuse en psychologie comportementale, en post-doctorat sur un sujet proche, pour ses conseils et son soutien sans faille. Merci à tous les interlocuteurs privilégiés qui ont su faire preuve de patience et d'écoute, comme Louise Crochemore ou Aurore Martins qui ont partagé généreusement leurs méthodes de travail. Merci à Galateia Terti qui a si bien valorisé le jeu lors de notre expédition pour la restitution du projet au Cerema d'Aix-en-Provence. Merci aussi à tous les membres permanents ou non des équipes de l'IGE, et des laboratoires partenaires, avec qui, nous avons échangé sur les enjeux des jeux. Enfin un immense merci à l'équipe du projet PICS, Pierre Nicolle, Olivier Payrastre et Maria-Helena Ramos sans qui, je n'aurais pas pu mener à bien le développement du jeu PICSCaRE.

Enfin, merci à l'équipe pédagogique d'enseignants-chercheurs, en particulier à Madame Sandra Rome et Madame Élise Beck mais aussi à toute l'équipe de l'administration de l'Institut d'Urbanisme et de Géographie Alpine, qui m'ont soutenue cette année, encore plus que les 5 dernières années, dans la réussite de mon parcours universitaire.

Ce travail m'a permis de mobiliser et développer des compétences multiples :

- En système d'information géographique notamment, pour la création du contenu du jeu, mais aussi,
- En animation et gestion de projet, pour mener à bien ce travail collaboratif qui a impliqué des chercheurs issus des sciences hydro-météorologiques et des sciences sociales et s'inscrit au terme d'un projet de recherche de 4 ans,

En communication scientifique pour la présentation de ce travail dans le cadre de la conférence GAMAE à Clermont-Ferrand.

Sommaire

Résumé.....	i
Remerciements.....	ii
Sommaire	iii
Sigles et acronymes.....	iv
Introduction	1
1. Les “jeux-sérieux” : quel potentiel pour l’apprentissage, la recherche et le dialogue sciences-société ?	4
2. L’usage des simulations ludo-participatives pour la gestion de crise et les dispositifs d’évaluation associés	9
3 Approches illustrant la diversité des protocoles mis en place pour évaluer les dispositifs participatifs de formation à la gestion de crise	16
4 Méthodologie : Pour l’adaptation et l’évaluation du jeu ANYCaRE dans sa version PICSCaRE	21
5 Premiers résultats.....	26
Conclusion.....	30
Références bibliographiques	33
Liste des figures	37
Liste des Tables	38

Sigles et acronymes

ANR : Agence Nationale de la Recherche

CEREMA : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement

CCR : Caisse centrale de réassurance

CNRM : Centre national de recherches météorologiques

CNRS : Centre national de la recherche scientifique

DICRIM : Document d'information communal sur les risques majeurs

EDMS : École des mines de saint Étienne

EDMA : École des mines d'Alès

GP : Gameplay

GU : Groupe utilisateur

IGE : Institut des Géosciences de l'environnement

INRAE : Institut national de recherche, pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

IRMA : Institut Risques Majeurs

PARN : Pôle Alpin des risques Naturels

PICS : Prévision intégrée immédiate des crues soudaines

PCS : Plan communal de sauvegarde

PPRI : Plan de prévention des risques inondation

PPRN : Plan de prévention des risques naturels

JS : Jeux sérieux

SCHAPI : Service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations

Avant-propos

Ce mémoire a pour but de synthétiser le travail réalisé pendant la mission de stage que j'ai eu la chance de réaliser à l'Institut des Géosciences de l'Environnement de Grenoble (IGE). Ce laboratoire situé au sein du Campus de Saint-Martin-D'hères, fait partie de l'Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble (OSUG). J'ai intégré, pour une durée de 4 mois, l'équipe HMCIS (Hydrométéorologie, Climat et Interactions avec les Sociétés) dans la Maison- Climat-Planète. C'est dans l'axe de recherche destiné à *Anticiper l'évolution des extrêmes hydro-météorologiques et leurs impacts socio-économiques et sanitaires dans un contexte de changement global* que vient s'inscrire ma mission.

Introduction

La mission de stage s'intègre dans un projet de Recherche-action collaborative impliquant près de 8 organismes partenaires dans le cadre du projet PICS (Prévision Immédiate intégrée des Impacts des Crues Soudaines) financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR)⁴. Ce projet a pour objectif le développement de modèles probabilistes orientés « impacts » et la constitution de chaînes de prévision des crues soudaines afin d'améliorer l'anticipation de ces phénomènes extrêmes et dévastateurs. Les produits d'informations issus de ce projet seront appelés dans ce mémoire produits PICS⁵. Comme on peut le voir dans la **Figure.1**, le projet repose sur l'interaction entre les équipes de recherche aux expertises variées (météorologie, hydrologie, hydraulique, géographie sociale), et un groupe utilisateurs composé d'acteurs opérationnels de la gestion des risques comme les services de sécurité civile, les autorités locales, mais aussi les compagnies d'assurance et les gestionnaires de réseaux (routes, SNCF, CNR...).

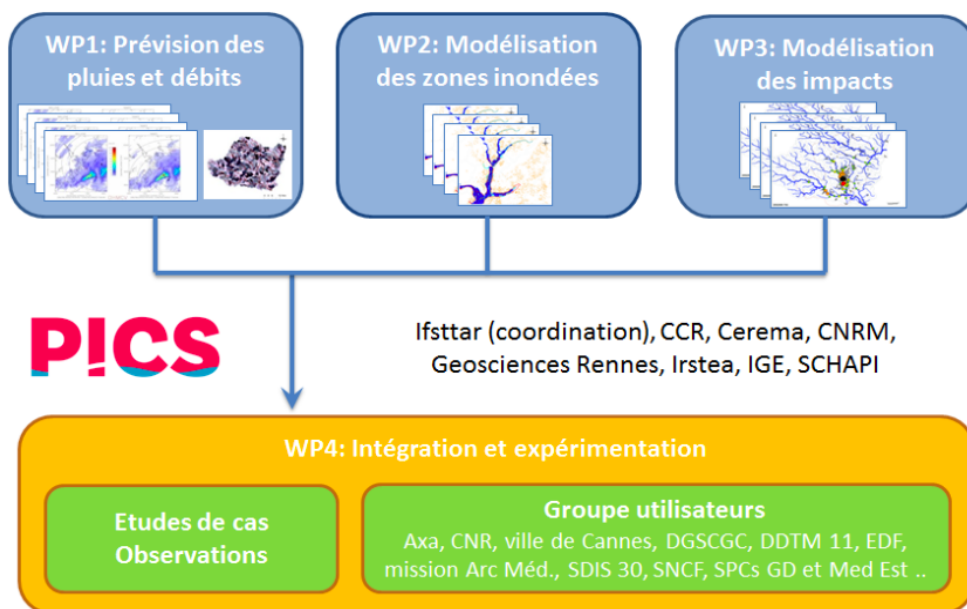


Figure 1. Modélisation du projet PICS

Source :
<https://pics.ifsttar.fr/le-projet/contenu-et-objectifs/>

⁴ Budget total 2.283 k€, dont 628 k€ d'aide ANR

⁵ PICS : Prévisions immédiate et intégrée des impacts des crues soudaines. Abréviation utilisée pour parler de manière non-exhaustive des produits issus de chaînes de prévision probabiliste d'ensemble. A ne pas confondre avec l'acronymes PICS (Plans InterCommunaux de sauvegarde). Nous parlerons exclusivement des produits utilisés et testés dans le jeu.

Les travaux des experts scientifiques visent à coupler différents modèles de prévision hydrométéorologique avec des modèles d'impacts permettant de spatialiser les effets socio-économiques des crues. Les informations probabilistes issues de ces travaux sont alors testées et évaluées par le **groupe utilisateur**⁶, composé d'un grand nombre de représentants des services impliqués dans la gestion de crise. Parmi les partenaires du projet ANR PICS figurent le SCHAPI, la CCR, le CEREMA, le CNRM, l'INRAE (ex IRSTEA), Géosciences Rennes et l'IGE. La coordination du projet est assurée par l'Université Gustave Eiffel (ex IFSTTAR). La **figure 2** donne un aperçu des modèles utilisés pour la conception des chaînes de prévision. Dans le cadre de l'évaluation du dispositif de jeu PICSCaRE (adapté du jeu ANYCaRE [de Terti et al. 2019](#)), les partenaires du projet ont choisi de tester une partie des chaînes de prévision d'ensemble utilisant le modèle d'inondation Floodos et les modèles d'impact Roadino (pour la coupure des routes) et de sinistralité de la CCR

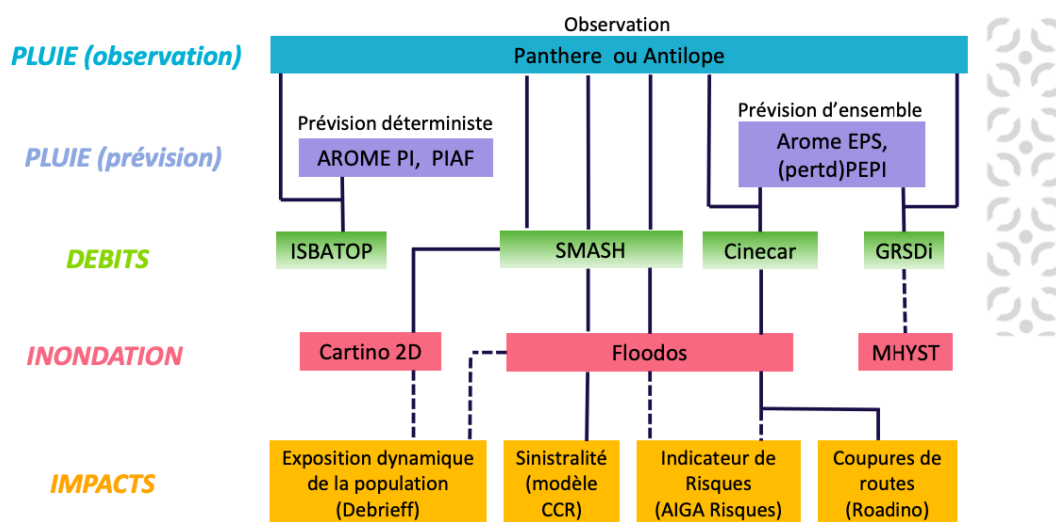


Figure 2. Les chaînes de prévision testées

Source : Payraestre et al⁷. Journée de restitution PICS, 18 mai 2022.

Ce projet de 4 années de travaux collaboratifs devait se terminer à la fin du mois de juin 2022, il a été prolongé de jusqu'au mois de Décembre. Ce projet s'inscrit dans le cadre de Recherche-Action, il se caractérise par des liens étroits de collaboration entre, des acteurs de la société civile et des chercheurs académiques pour répondre à des problématiques de recherche ayant une utilité sociale et opérationnelle à plus ou moins court terme. D'après la préface de l'ouvrage coopérative des [chercheurs ignorants \(2015\)](#) intitulé "*Recherches-actions collaboratives*", ce courant, en pleine expansion, met en relation des experts scientifiques et des praticiens qui opèrent sur le terrain pour identifier et cibler les enjeux et problématiques. Les objectifs principaux de ces recherches sont de favoriser le transfert de connaissances et la mise en œuvre d'actions cohérentes dans les territoires.

Le projet PICS a mobilisé un nombre important d'acteurs diversifiés en vue d'un objectif commun « *faciliter l'anticipation des événements hydrométéorologiques extrême* »⁸ pour améliorer la

⁶ Nous distinguons ici : - le groupe d'experts, composé d'équipes de chercheurs comme des météorologues, des hydrologues, des hydrauliciens, mais aussi des économistes et des sociologues ; - du groupe utilisateurs composés d'acteurs opérationnels de la sécurité civile, des autorités locales, des représentants des compagnies d'assurance, des compagnies d'électricités, mais également des opérateurs de réseaux de transport.

⁷ Mise en ligne le 31/05/2022 disponible à l'adresse : <https://www.cerema.fr/fr/actualites/projet-recherche-anr-pics-prevision-immediate-integree>

⁸ Plus d'infos sur <https://pics.ifsttar.fr/resumescientifiques.pdf>

protection et la résilience des territoires. Dans l'objectif d'évaluer l'apport des prévisions probabilistes d'impact PICS, les membres du projet ont choisi d'adapter le jeu sérieux ANYCaRE dans sa version PICSCaRE. En effet, le dispositif de jeu ANYCaRE avait déjà montré son utilité pour faciliter les interactions et la participation des acteurs territoriaux et permettre de tester différents types de produits d'informations pour la décision de crise (Terti et al. 2019 ; Weyrich et al., 2021). Nous tenterons de voir si les **prévisions probabilistes d'ensembles** impactent la prise de décision et si elles permettent de mieux anticiper les impacts liés aux phénomènes de crues soudaines.

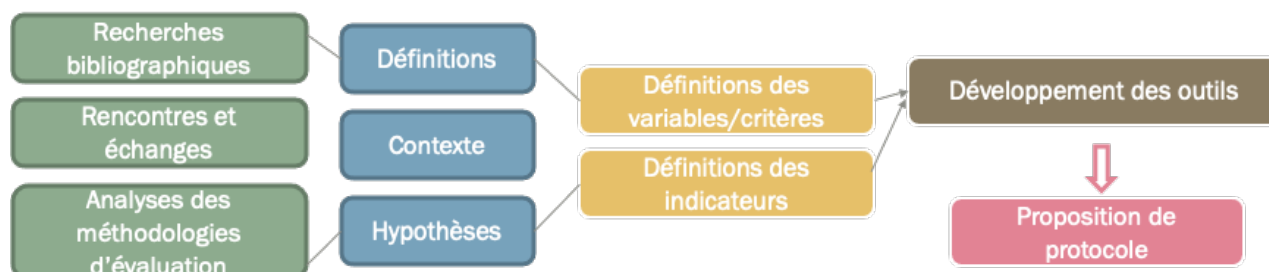
La mission qui m'a été attribuée s'est déroulée en 5 phases pour répondre à 2 objectifs (**formalisé en Annexe 1 : Calendrier des objectifs et tâches**) :

- 1) Adapter le jeu ANYCaRE dans sa version PICSCaRE
- 2) Proposer un protocole d'évaluation expérimental en vue de récolter des données qualitatives et quantitatives robustes permettant de répondre aux hypothèses de recherches.

Les données récoltées auront pour objectifs de **quantifier** d'une part, **l'apport de prévision probabiliste sur la prise de décision collective en situation d'urgence simulé** puis d'autre part, **tenter de caractériser et d'expliquer les avantages de l'usage d'une expérimentation ludique, pour l'appropriation de ces nouveaux outils de prévision**. Plus largement, nous tenterons de proposer une méthodologie permettant de **quantifier au travers du protocole, les effets du jeu sur l'apprentissage et l'évolution potentielle des comportements**.

La méthode mise en place pour réaliser la mission est illustrée de manière simplifiée dans la **figure 3**.

Figure 3 : Schéma synthétique des étapes nécessaires à la réalisation du protocole d'évaluation



Les trois premières parties de ce mémoire synthétisent les recherches bibliographiques conduites sur le sujet des jeux sérieux, leurs potentiels pour l'apprentissage et pour le dialogue sciences-sociétés. Nous verrons ensuite les particularités des jeux-sérieux dédiés à la gestion et l'aménagement du territoire puis plus particulièrement ceux dédiés à la formation à la gestion de crise. Nous analyserons enfin, les méthodes d'évaluation associées pour mesurer leurs effets avec une focalisation sur les méthodes qui ont plus spécifiquement, inspirées la méthodologie mise en place dans le cadre cette mission.

La quatrième partie sera consacrée à la présentation de la version de jeu PICSCaRE que j'ai contribué à développer, ainsi qu'au protocole d'évaluation expérimental que je propose pour mesurer les effets de ce jeu sérieux sur l'appropriation des prévisions probabilistes orientées-impacts et sur leur utilité en matière d'aide à la gestion de crise. Enfin, la dernière partie présentera les premiers résultats, les premières limites identifiées et mes réflexions personnelles. Je conclurai par une synthèse sur le travail réalisé et les perspectives pour la suite du projet.

1. Les “jeux-sérieux” : quel potentiel pour l’apprentissage, la recherche et le dialogue sciences-société ?

1.1 Les origines des jeux-sérieux comme moteur pour l’apprentissage : définitions et conception

Communément appelés « jeux sérieux » ou « Serious Game », la définition de cet oxymore (défini par un équilibre fragile entre le divertissement du jeu et le sérieux de l’apprentissage), est complexe et évolutive, de par la diversité des formes et des domaines d’application (Alvarez 2019). Pour définir le concept et comprendre l’environnement complexe de la conception des jeux sérieux, j’ai réalisé mon état de l’art en m’appuyant sur la lecture d’ouvrages clefs comme *Les jeux et les hommes* de R.Caillois (1967); ou *Apprendre avec les serious game* de D.Djaouti, O.Rampnoux, et J.Alvarez (2016), sur l’analyse de thèses (Djaouti 2011)(Djaouti 2014), et la sélection d’articles contenant les mots clefs « jeux sérieux » ou « Serious Game » via les moteurs de recherche <https://scholar.google.fr> , <https://www.theses.fr> et, <https://hal.archives-ouvertes.fr>). J’ai complété cette revue de littérature par le visionnage d’un nombre important de webinaires⁹ et de vidéos dédiées et le suivi de conférences, comme celle présentée par Carole ADAMS « *Peut-on sauver le monde avec des jeux ?* »¹⁰. Pour comprendre les enjeux et le potentiel de l’usage de ces outils « Ludo pédagogiques » (Alvarez 2018), pour l’évolution des comportements et l’acquisition de savoir, j’ai également rencontré et recueilli les retours d’expériences d’acteurs,¹¹ développant et utilisant ces outils¹². Enfin, j’ai pris du temps pour consulter régulièrement des sites ressources comme <https://www.ludoscience.com> ou <https://www.reseau-canope.fr> pour suivre les actualités sur les jeux-sérieux.

Les jeux sérieux servent avant tout à « **Prodiguer un entraînement ou un apprentissage à travers une activité ludique** » (Alvarez 2007) ce concept a été introduit pour la première fois par Clark Abt, en 1970 (Abt 1970), pour distinguer **les jeux pour l’amusement et les jeux pour l’apprentissage**. L’ouvrage de Michael et Chen intitulé « *Serious Games : Games That Educate, Train, and Inform.* » publié en 2005, souvent cité dans les états de l’art des thèses analysées, propose une définition qui lie étroitement le support numérique et les jeux sérieux. Avec l’explosion des nouvelles technologies, les années 2000 ont marqué l’histoire des jeux sérieux, ou pendant une longue période les jeux sérieux étaient exclusivement liés aux jeux vidéo. Les évolutions des technologies numériques et les innovations sur les processeurs graphique ont permis à des personnes non-spécialistes de la programmation, d’utiliser des plateformes en libre accès, pour développer et concevoir des simulations ludo-éducatives, que nous plaçons dans la vaste catégorie des jeux-sérieux. Les

⁹ De nombreuses vidéos sont publiés régulièrement sur ce thème comme par exemple le webinaire animé par Laetitia Boulom « Apprendre par le jeu : Serious Game et Ludification » disponible à cette adresse <https://www.youtube.com/watch?v=gloL8mqDCIQ>

Ou encore celui proposant une « définition et classification des jeux sérieux éducatifs » par l’équipe MOCAH <https://www.canal-u.tv/>

¹⁰ Présentés lors de la conférence PintofSciences <https://pintofscience.fr> organisée au NotaBeer à Grenoble, le 11/05/2022

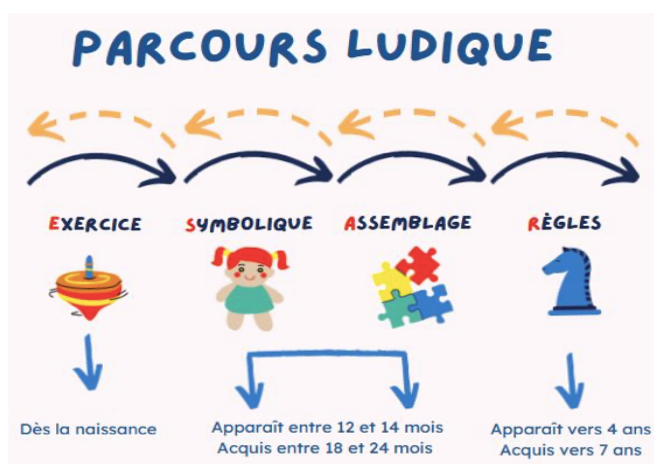
¹¹ Nous avons aussi interrogé de jeunes doctorants et post-doctorants travaillant sur ces thèmes, comme Claudia Terran-Escobar psycho-sociologue travaillant sur l’évolution des choix de mobilité dans le milieu professionnel en lien avec l’usage du jeu « Ma terre 180 Min » ou encore, Aurore Martins, travaillant sur une thèse mesurant l’évolution des comportements pro-environnementaux en lien avec l’usage du jeu « la fresque de la résilience ».

¹² Entretien avec Guilhem Dupuis de l’IRMA, échange suite à l’utilisation d’un jeu sérieux Géoscorise avec Simon Gerard et Carine Peisser du PARN, entretien et observation du jeu CitinCrise avec l’hydrologue Éric Piatizek de l’École des mines de Saint Etienne

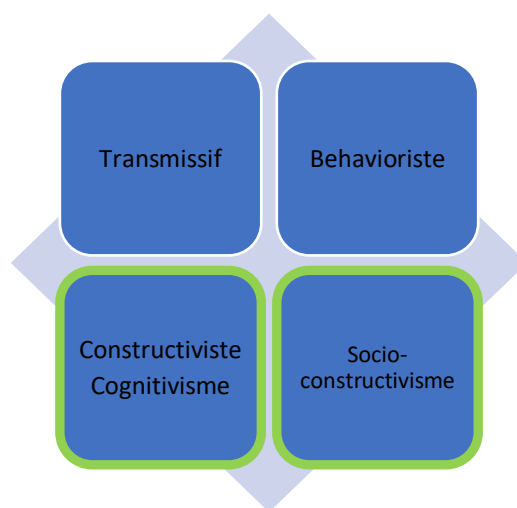
évaluations des dispositifs étaient alors fortement liées à l'évaluation du support, bien plus que sur les apprentissages et les savoirs. L'arrêt de certaines plateformes ouvertes, ont laissé un vide pour les concepteurs mais aussi pour les utilisateurs.

Dans cette étude, nous nous intéressons à un type bien précis de jeux-sérieux, nous utiliserons le terme de **démarche ludo-participative**, pour faire écho à l'utilisation du concept d'activités ludo-pédagogique défini par J.Alvarez, spécialiste français des jeux sérieux (Alvarez 2007), dans son article « *Ludo-pédagogie* » (Alvarez 2018). Il définit ce terme par le fait de convoquer du jeu dans la pédagogie (Alvarez 2019, p.133). Cette notion vient donc ici définir une activité proposée pour faciliter la participation et l'interaction des acteurs dans un cadre ludique. Ces démarches explosent depuis quelques années, en France, mais surtout à l'international. La croissance du nombre de jeux développés en lien avec la volonté d'accroître l'implication et le partage de connaissances entre acteurs territoriaux vient questionner le manque de dispositif d'évaluation portant sur les effets de ces outils à moyen et long-terme. Les jeux sont utilisés depuis très longtemps chez l'homme, mais aussi, dans le règne animal, chez les mammifères notamment, le jeu permet le développement des compétences en lien avec la construction du savoir. En effet, les jeux permettent dès l'enfance de construire la personnalité et de développer des compétences. Cela est illustré par les travaux de Jean Piaget, célèbre psychologue suisse, auteur du livre « *la psychologie de l'enfant* », développeur du système de classification des jeux en fonction de l'apprentissage visé le « système ESAR », illustré dans la figure 4a. Les travaux de Gerard Barnier ont permis la création d'une typologie des apprentissages illustrée figure 4b. La lecture de leurs travaux ont permis de saisir les évolutions et la diversité des formes d'apprentissage.

Figure 4. Les différentes classifications des types d'apprentissage proposé par les auteurs Jean Piaget et Gérard Barnier



D'après Jean Piaget (1994)



D'après Gérard Barnier (2010)

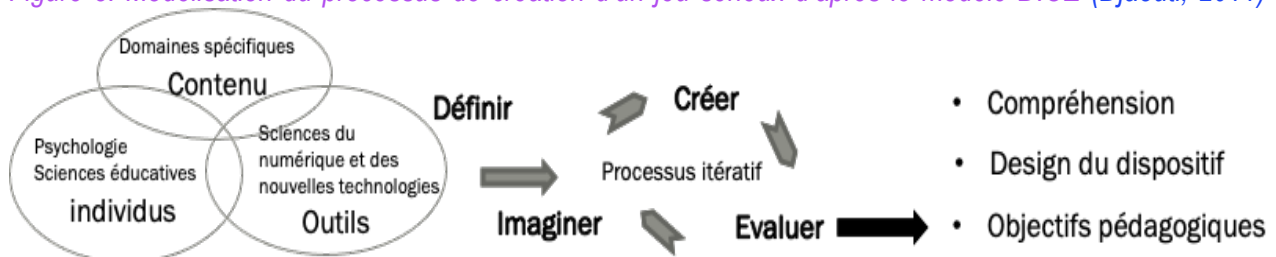
Jean Piaget a analysé les formes d'apprentissage en observant l'évolution et la construction des savoirs chez l'enfant. Il est à l'initiative des notions d'assimilation et d'accommodation¹³, qui

¹³ L'assimilation, c'est le fait d'intégrer de nouveaux objets dans le schème, un noyau mental de savoir-faire déjà construit et adaptable à un grand nombre de situations. L'accommodation : C'est le fait que la situation nouvelle oblige à quelques modifications du schème. Tiré du site : <https://www.rts.ch/archives/tv/culture/dimensions/11573962-assimilation-et-accomodation.html>

montrent que le fait d'apprendre, c'est d'abord se confronter à un conflit cognitif. C'est lorsque que l'on se confronte à un « problème », lié à une incompréhension que la conscience s'adapte et le résout, par l'acquisition de savoirs. Ainsi, pour que l'immersion dans le jeu soit réussie et permette l'apprentissage, il faut que les joueurs atteignent ce qu'on appelle un état de flow (Csikszentmihalyi, 1990). Pour cela, selon Lavigne (2016) et de nombreux autres auteurs, il est nécessaire de respecter certaines règles pour s'assurer de l'équilibre entre le sérieux de l'apprentissage et l'aspect ludique et plaisant du jeu. Pour Becu (2020), qui a analysé les travaux de Brougère (2019), professeur en sciences de l'éducation et auteur de l'ouvrage « Jouer/apprendre », la structure des règles et le Gameplay influencent l'engagement et la motivation des joueurs. Brougère a mis en évidence la conceptualisation du pentagone ludique et des 5 mécanismes efficaces de la mise en « jeu » (second degré, décisions, mécanismes de décision, incertitudes et frivolité).

Pour formaliser le processus de conception du jeu, nous avons étudié plusieurs modèles. L'un de ces modèles est illustré dans la figure 5, le modèle DICE proposé par Djaouti (2011). Il met en évidence trois étapes clef dans le processus de création d'un jeu sérieux. Ce schéma montre que la conception doit prendre en compte l'analyse d'éléments de domaines d'expertises différents, notamment pour créer le contenu du scénario pédagogique, définir le support de l'outil, mais aussi pour adapter ces deux aspects aux publics visés. L'objectif est d'atteindre un degré de compréhension élevé et une cohérence entre le design du dispositif et les objectifs pédagogiques.

Figure 5. Modélisation du processus de création d'un jeu sérieux d'après le modèle DICE (Djaouti, 2011)



La première étape clef concerne le contenu d'information qui, selon l'objectif, fera appel aux connaissances des spécialistes du domaine. La seconde se focalise sur les outils, qui, pour faire fonctionner les simulations, proviennent souvent, mais pas exclusivement, du domaine informatique. Enfin, et non des moindres, l'élément principal à prendre en compte dans la conception du jeu est l'individu, le joueur, le public cible. Celui-ci est défini par de nombreux aspects socio-éducatifs comme ses connaissances préalables, sa motivation, son rapport aux autres, ses émotions, etc. On peut aussi voir dans ce schéma que l'évaluation a sa place dans le processus de création. Elle permet de voir si le jeu remplit les objectifs, et en fonction des résultats, le jeu peut être réadapté et modifié jusqu'à la satisfaction des concepteurs. C'est le type d'évaluation le plus répandu. Ceci n'est qu'un exemple illustrant le processus de création d'un jeu sérieux.

D'autres modèles ont été élaborés, comme les travaux réalisés par de Freitas et Jarvis en 2007 cités à des nombreuses reprises (Bellotti et De Gloria 2010 ; Oulhaci 2014). On retrouve certains des éléments en interaction dans la figure 5, comme le **contexte**, qui permet de définir le type de jeu, la **spécification de l'apprenant** qui définit les préférences et les particularités de l'apprenant ou du groupe d'apprenants, la **représentation de l'environnement**, défini par le niveau d'immersion, la fidélité et l'interactivité du jeu, et enfin le **modèle pédagogique** qui vise à assurer le suivi et support des apprenants. Ces modèles mettent tous en évidence les différentes interactions entre les

éléments du contexte, le profil de l'enseignant/animateur, le public, le scénario pédagogique et le dispositif de jeu (Alvarez 2019). L'équilibre et l'adaptation de ces aspects sont indispensables pour que les jeux soient cohérents, ludiques et répondent aux objectifs pour lesquels ils ont été conçus.

Le besoin d'évaluation est un enjeu majeur du développement des jeux-sérieux, pour vérifier d'une part que les joueurs ont une bonne compréhension du jeu et des concepts à mobiliser et d'autre part que le design du dispositif favorise bien la motivation et l'implication des joueurs en répondant de manière adéquate aux objectifs pédagogiques fixés. Le problème est que ces évaluations, ne permettent généralement pas de récolter de la donnée pour analyser les impacts du jeu. Elles s'intègrent seulement dans un processus itératif permettant d'améliorer le jeu.

1.2 Les grandes formes d'apprentissages mobilisées au travers des activités ludo-participatives.

D'après les 4 grands types d'apprentissage décrit par Barnier (2010) sont illustrés dans la figure 4, on peut voir que les deux formes de partage du savoir entourés en vert, sont les formes d'apprentissages mobilisées au travers des expériences des simulations ludo-participatives (Becu 2020). Le modèle transmissif est le plus répandu dans l'enseignement actuel. C'est le principe d'un enseignant qui possède le savoir et qui doit le transmettre de manière institutionnelle aux élèves. Ce modèle est en train d'être dépassé et pose de plus en plus de questions sur la forme. Notamment, car les interactions et les sources d'informations se sont multipliées et diversifiées et que tous les apprenants ne sont pas réceptifs à ce type de transmission. En réponse à ce type d'apprentissage on trouve le *modèle behavioriste*, qui est décrit par Watson & Skinner dès 1913, il vient du mot « Behavior » qui signifie « comportement ». On ne parle pas ici du comportement de l'élève, mais plutôt de la manifestation observable d'une maîtrise de connaissances. On peut définir le behaviorisme par « apprendre, c'est devenir capable de donner la réponse adéquate ». Ensuite, l'enseignement sur le modèle constructiviste prend en compte l'influence des connaissances antérieures de l'apprenant, contrairement au modèle behavioriste. C'est l'enseignement décrit par Jean Piaget, dans lequel l'élève construit lui-même son savoir par essai-erreur. Dans ce thème, on peut citer les aspects de la motivation, explicités par les principes de Viau en 2003 et l'efficacité de soi ou ladite auto-efficacité est décrite par Bandura en 2003 également. Dans le même type de transmission, on trouve le cognitivisme, qui considère que la pensée est un processus analogue au traitement de l'information. Il se concentre sur la notion de cognition, comme processus de manipulation de symboles ou de représentations symboliques effectué selon un ensemble de règles (Hulin 2020). L'apprentissage cognitif permet d'augmenter les facultés, comme la cognition spatiale pour les géographes. Enfin, le modèle socio-constructiviste (comme défini par le psychologue russe Vygotsky 1934/1985) est celui qui nous intéresse le plus dans cette étude, car c'est grâce aux interactions sociales et à l'intelligence collective que le savoir de chacun se construit. Ce processus met en évidence une construction sociale des connaissances par l'interaction entre les individus mais aussi avec l'environnement (Vygotski 1978). L'outil « jeu » et l'activité en elle-même sont des catalyseurs pour l'apprentissage, la mise en application et le partage des connaissances.

Nous nous sommes aussi intéressés aux travaux d'autres auteurs, qui ont proposé des théories pour classer et caractériser les apprentissages. On retrouve la théorie du comportement planifié d'Ajzen (Ajzen 1991, 2002) illustrée dans l'Annexe 2 : *Modélisation des comportements dans le jeux sérieux* « Extrait de la Présentation lors d'un « Scientific Anonymous » 25/04), ou le cycle expérientiel de Kolb

(1984). Ce cycle en 4 phases, a été analysé dans l'ouvrage sur la modélisation d'accompagnement (Daré 2010), il nous servira de base pour analyser l'apprentissage et les facteurs d'influences de l'évolution des comportements au travers l'utilisation du jeu PICSCaRE. (Annexe 3 : *Modélisation du cycle expérimental de Kolb (1984) appliqué à la simulation ludo-participative du jeu PICSCaRE*, réalisé d'après le travail avec Nans Martin-Planche pour le rendu de groupe de l'UE MIRIADE¹⁴).

D'autres analyses intéressantes ont permis de s'interroger sur tous les potentiels des démarches participatives, comme celle développée par Becu (2020 p.144 à 153) inspirée des travaux de Daré sur la modélisation d'accompagnement et les processus ComMod. Il propose notamment une classification des apprentissages induits par les simulations participatives. Il distingue 4 catégories d'apprentissages : Cognitif, Relationnel, Collaboratif et Politique.

L'usage d'un jeu pour son potentiel d'apprentissage est largement décrit par la littérature, il est souvent lié aux Sciences de l'Éducation, à l'utilisation de jeux en classe ou aux nouvelles technologies (Chollet 2019; Olombel, Vianez, et Djaouti 2021). Comme le reconnaît Chollet, maître de conférences en Sciences de Gestion à Montpellier, « *Le jeu comme moteur de l'apprentissage, permet de changer la façon de concevoir la pédagogie* ». Pour d'autres auteurs comme Djaouti et Alvarez, les jeux sérieux sont aussi un véritable outil pour l'apprentissage, la formation, la communication et la sensibilisation. Ils favorisent la motivation des apprenants, ils soutiennent l'apprentissage par essai et par erreur, et ils permettent la différenciation des rythmes d'apprentissage et stimulent les interactions pédagogiques entre apprenants (Alvarez 2019 ; Djaouti 2014, 2016). C'est pourquoi, ils sont utilisés dans de nombreux domaines. Pour n'en citer que quelques-uns : Santé, éducation, management, recrutement, sûreté nucléaire, science de gestion... Ils sont aujourd'hui si nombreux que leurs recensements est presque impossible. Rien qu'à l'échelle du campus de Grenoble, les initiatives sont nombreuses.

Même si unanimement, les jeux sérieux sont des outils reconnus pour leurs potentiels d'apprentissages et d'implication dans une tâche (Aubert et al. 2019 ; Djaouti, 2011 ; Oulhaci, 2014), ils font encore débat dans la recherche. L'équilibre entre le plaisir du jeu et l'apprentissage est difficile à atteindre et il est variable selon les sujets (Kellner 2000; Lavigne 2016). Au vu du nombre de dispositifs développés, et notamment dans le monde de la recherche, on peut se poser la question de la durabilité de leur utilisation. En effet, selon les objectifs pédagogiques certains jeux ont parfois demandé un temps de conception conséquent souvent accompagné d'une phase « évaluation », pour vérifier si l'équilibre plaisir et apprentissage est atteint, en vue de l'amélioration du dispositif. Une fois l'outil abouti, les problèmes du recensement, de communication, des droits d'usages et les enjeux de commercialisation freinent la mutualisation des travaux entre chercheurs. Enfin, l'évaluation objective du jeu, comme un outil ludique permettant l'apprentissage et le potentiel de la récolte de données permettant de quantifier les effets du jeu à moyen et long terme, est aussi un sujet de recherche et un besoin exprimé par de nombreux auteurs. (Erdrn et Boulant 2018; Oulhaci 2014; Weyrich et al. 2021). Certaines données récoltées au travers les activités ludo-participatives pourrait servir d'environnement pour relever les grandes tendances liées aux changements de comportement. Les jeux sont des mises en situation expérimentale définies par des nombreuses variables. Il est opportun de comprendre ici, le potentiel de l'observation directe et du retour d'expérience individuel pour identifier des freins ou des pistes pouvant impacter la réalité.

¹⁴ Unité d'enseignement « Modélisation et médiation : de l'aide à la réflexion à l'aide à la décision en environnement »

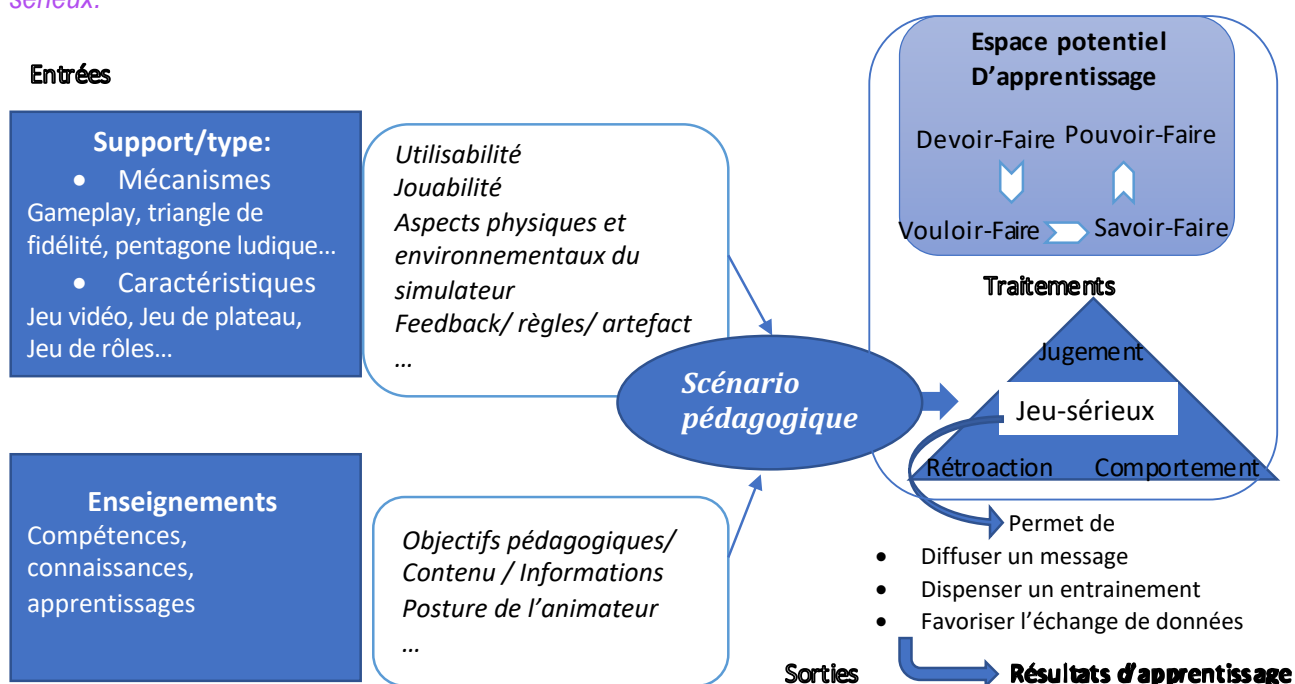
2. L'usage des simulations ludo-participatives pour la gestion de crise et les dispositifs d'évaluation associés

2.1 La conception et l'usage de jeux pour la formation à la gestion de crise

Afin de prévenir et d'anticiper au mieux les phénomènes dit « à risques » (c'est-à-dire le croisement entre la réalisation d'un aléa, l'exposition et la vulnérabilité des populations et des infrastructures), de nombreux outils de formation et de sensibilisation cherchent à conscientiser les acteurs et renforcer les systèmes de vigilance pour améliorer la résilience des territoires (Reghazza-Zitt et Rufat 2015). La gestion des risques est un vaste domaine à l'interface entre les phénomènes géophysiques représentés par les aléas et leur probabilité d'occurrence, et les enjeux socio-économiques évoluant dans le temps et l'espace au gré de l'exposition et la vulnérabilité des territoires et des populations. Ce domaine fait aussi intervenir les sciences humaines et sociales avec des questions propres à la perception des vulnérabilités et aux développements de la culture du risque. (Gilbert 2002 : Eydieux 2017) Enfin de manière incontournable, la gestion des risques est étroitement liée aux sciences politiques et aux choix de gestion de décideurs (Freysselinard et al 2022).

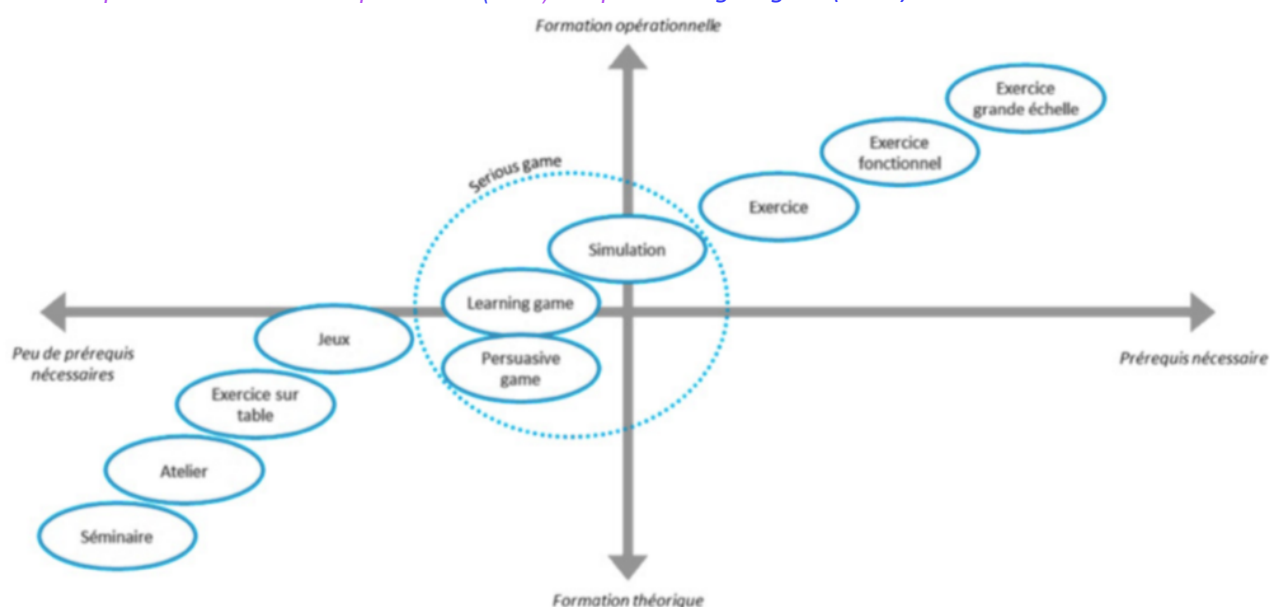
Nous nous intéresserons à la mise en place d'un protocole expérimental permettant de créer des données scientifiques robustes ayant pour but d'analyser l'impact du jeu sur l'acquisition de connaissances/compétences pouvant amener à des changements de comportement en lien avec la gestion de crise. Comme on peut le voir dans la figure 6, les différentes analyses et visions d'auteurs comme l'analyse de Julian Alvarez (Ali Oulachi 2014), les jeux sérieux sont issus de la combinaison d'un support ludique et d'un enseignement qui donne lieu à la création d'un scénario pédagogique. Tout se joue sur l'équilibre, entre le plaisir et l'apprentissage, défini par la fluidité des interactions entre le support, les aspects ludiques et la mobilisation de savoirs et savoir-faire durant l'expérience.

Figure 6. Schéma général du concept de l'espace potentiel d'apprentissage à partir de la conception d'un jeu sérieux.



Les savoirs, savoir-faire, mais aussi savoir-être nécessaires à la gestion de crise sont détaillés dans la méthode EVADE (Lapierre 2016) mais aussi dans les études menées par les chercheurs comme Tena-Chollet, Frealle ou encore Judek. Des organismes et des laboratoires de recherche sont même spécialisés dans les recherches sur la formation à la gestion de crises, c'est le cas de l'École des Mines d'Alès, où ils combinent méthodes traditionnelles et simulations numériques pour produire des entraînements destinés à la gestion de crise (Frealle et al. 2019; Sauvagnargues 2019). Dans cette étude, nous proposons d'analyser seulement les outils qui entrent dans la catégorie « jeux sérieux », comme définis par Frealle (Frealle 2018) et illustrés dans la figure 7. Elle propose un classement des outils de formation à la gestion de crise selon 2 axes. Ils mettent en opposition les aspects théoriques et opérationnels des formations et la quantité de prérequis nécessaires. Les simulations participatives sont au centre de ces axes, en comparaison des exercices plus réalistes et fonctionnels comme l'Exocrise proposé par l'IRMA qui demande des prérequis de connaissances.

Figure 7 : Classification des types de formation en gestion de crise tiré de l'ouvrage « Prise de décision en situation de crise » d'après les travaux menés par Frealle (2018) cité par Sauvagnargues (2019)



De manière générale, nous parlerons de jeu sérieux pour évoquer la simulation d'un environnement "sûr" tentant de reproduire une réalité, dans laquelle les participants agissent en tenant des rôles (Rebolledo-Mendez et al. 2009). Ils permettent de négocier, persuader, s'allier, réfléchir ou échanger des informations afin de prendre une décision collective, d'adapter une stratégie cohérente ou de coopérer pour le bien commun (Aubert et al 2019 ; Loudin 2020 ; Monfort et al. 2020; Solinska-Nowak et al. 2018 ; Tshibangu et al. 2018). De par le potentiel d'apprentissage et de formation reconnu, les jeux sérieux multi-joueurs (Bellotti et De Gloria 2010), leurs adaptations offrent la possibilité à tous types de public d'expérimenter des décisions dans des domaines variées. L'apprentissage, comme relevé précédemment, est souvent confronté à la contradiction « pour apprendre, il faut pratiquer, et pour pratiquer, il faut savoir faire... » C'est le cas typique décrit par Muratet et al. (2009) dans le domaine de la programmation informatique lié étroitement à l'exploitation de l'environnement informatique pour l'apprentissage humain (EIAH). C'est aussi le cas pour le management, la santé et la gestion de crise par exemple. Le cadre théorique proposé par Cobb en 2003 dans son ouvrage « Design Experiments in Educational Research », a été repris pour évaluer un jeu sérieux en lien avec

l'apprentissage de la programmation informatique (Muratet et al. 2009). Il propose d'étudier d'un point de vue théorique et de façon systématique, des formes d'apprentissages décrites comme « *un système complexe d'interactions qui engagent de multiples éléments de différents types et niveaux* ». Ce cadre théorique combine l'analyse de la motivation des étudiants, du savoir enseigné et appris, et l'activité conjointe de l'enseignant et des étudiants. Ce protocole reprend les travaux de plusieurs chercheurs et combine un test de connaissances avec des questionnaires avant/après et des observations durant la simulation. Les résultats sont analysés à travers une grille d'évaluation basée sur des critères d'ordre didactique et de pratique professionnelle.

Comme décrit précédemment, les jeux sérieux connaissent un véritable engouement et sont dans une dynamique croissante depuis quelques années en France, tant dans leurs conceptions que dans leurs usages. Dans un monde instable où les changements globaux questionnent de nombreux chercheurs, les jeux se distinguent comme un outil interactif et ludique permettant d'aborder avec une multitude de participants, des thèmes et des sujets complexes dans un espace stable favorisant les échanges. À la différence d'une simple mise en situation, l'aspect ludique des simulations participatives permet de faire tomber des « barrières » et amplifie notamment l'engagement et la motivation des participants. Le besoin de formation croissant ramène au consensus en sciences cognitives sur les bénéfices d'une pédagogie constructiviste ou socio-constructive.¹⁵ Enfin, la mondialisation et les avancées technologiques montrent que les nouvelles générations sont en capacité de s'immerger dans un monde parallèle et dans un scénario fictif.

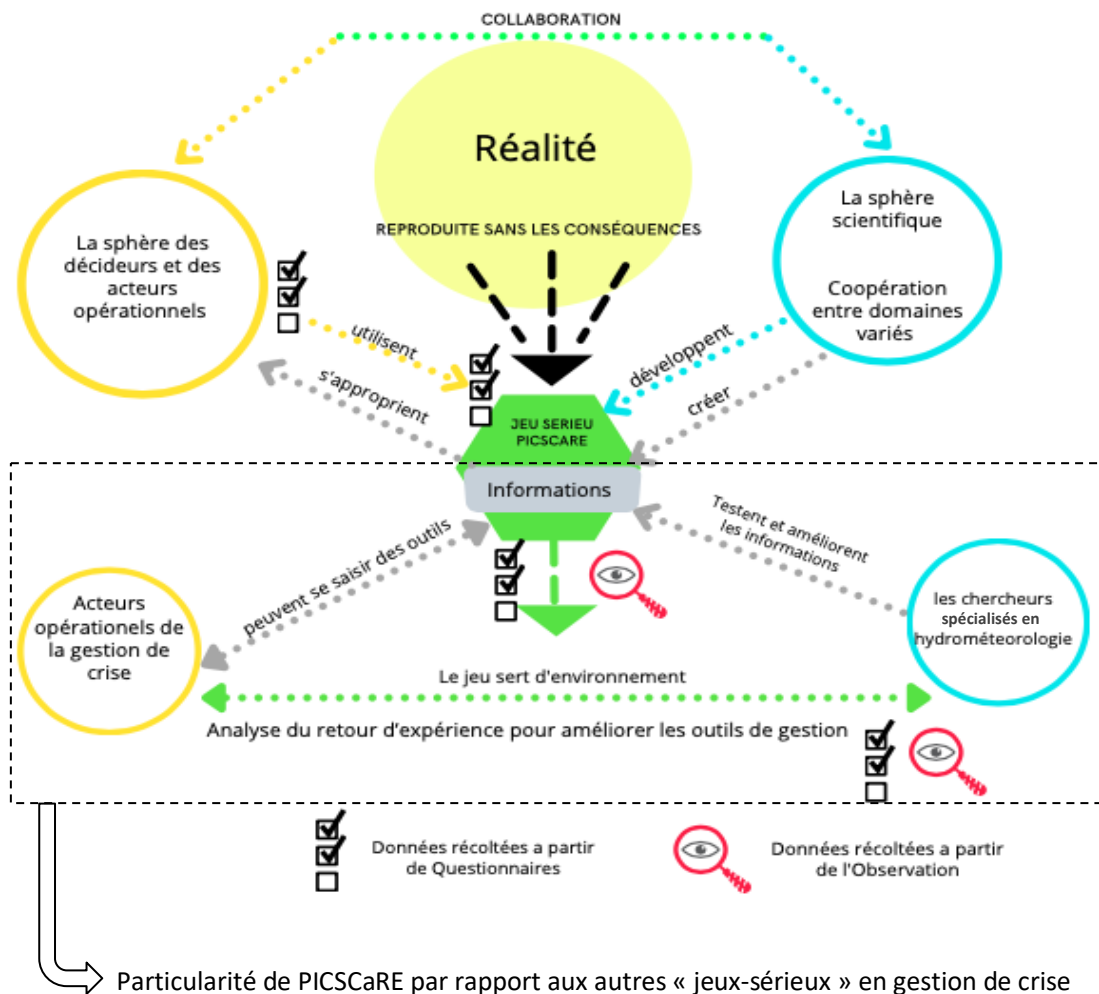
Dans le cadre du développement de la plateforme numérique de ressources GAMAE¹⁶ créée par l'institut de recherche INRAE, près de 105 jeux liés aux thématiques de l'Agriculture, l'Alimentation, l'Environnement et la Transition (AAET) ont été recensés, qualifiés puis analysés via une enquête pour alimenter une ludothèque et d'autres ressources. Les résultats de l'enquête (de 35 questions) menée auprès de plusieurs concepteurs de jeux a montré que les jeux étaient des outils hybrides. Ils sont à la fois des objets et produits de la recherche, mais aussi des supports à la médiation scientifique et des artefacts méthodologiques dans les processus de recherche-action. Ils sont également diversifiés dans les intentions, les supports, les publics et le niveau de complexité. Dans cette enquête, près de 78% des jeux sérieux du domaine AAET ont plusieurs concepteurs. Ce qui montre que l'objet « jeux » s'intègre dans un processus collaboratif de co-construction.

La section suivante s'intéresse plus spécifiquement aux jeux dédiés à la formation des acteurs de la gestion de crise. Sur la [figure 8](#), ci-dessous, nous avons tenté de modéliser l'objectif de la conception d'un jeu sérieux pour la gestion de crise et le potentiel de récolte de données de par l'observation des sessions et la mise en place d'enquêtes

¹⁵ D'après le Webinaire présenté par l'équipe MOCAH disponible à l'adresse : <https://www.canal-u.tv/chaines/definition-et-classification-des-jeux-serieux-educatifs>

¹⁶ <https://gamae2022.journees.inrae.fr>

Figure 8 : Modélisation du double intérêt du jeu PICSCaRE. Le jeu comme produits et objets de la recherche

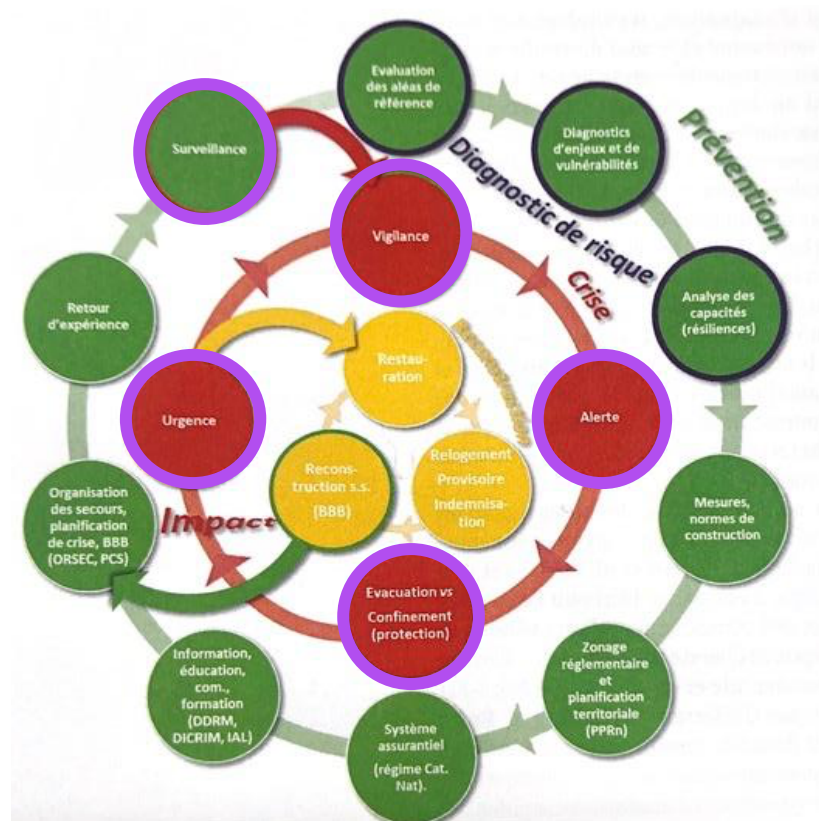


2.2 La gestion de crise : définitions, enjeux et besoins de formation

Le contexte de la gestion globale des risques, illustré par la [figure 9](#), tirée de l'ouvrage « *Gérer les risques naturels : pratiques et outils* » (Leone et Vinet 2017), est composé de plusieurs cycles comprenant la phase de gestion de crise, qui est un vaste domaine d'études opérationnelles aux enjeux complexes. L'environnement de crise est instable et dynamique, l'incertitude y occupe une place importante. (Sauvagnargues 2019) L'un des objectifs de la cellule de crise, c'est justement d'éviter « d'être en crise » (Lapierre 2016). Dans cette étude, nous nous intéressons particulièrement aux risques hydrométéorologiques comme les crues soudaines, qui font partie des risques naturels les plus meurtriers et catastrophiques en termes de victimes et de dégâts (Demargne et al. 2019). Leur gestion est complexe de par la difficulté à prévoir leur intensité, leur soudaineté et leur évolution spatio-temporelle (Ruin 2020; Lutoff et Durand. 2020). Les impacts des changements climatiques sont aujourd'hui perceptibles et se retrouvent au sommet du classement du « TOP 10 des risques émergents », ces risques sont partis des principales préoccupations pour les experts, mais aussi pour les nouvelles générations (D'après le Rapport AXA 2021 disponible à cette adresse : <https://www->

axa-com). L'occurrence des phénomènes extrêmes et soudains et leur gestion deviennent un enjeu central de la gestion des risques qui se traduit au niveau législatif (LOI n° 2021-1520). Cette loi connue sous l'acronyme loi MATRAS, s'inscrit dans la volonté d'améliorer la résilience des territoires (Reghazza-Zitt et Rufat 2015). Des nombreux champs d'études et notamment celui de l'évaluation des dispositifs communaux et intercommunaux de gestion de crise sont issus de ces avancées législatives. Cette loi vient consolider le modèle de sécurité civile en place et soutenir l'anticipation de la gestion en particulier des risques naturels qui surviennent soudainement. Il y a une véritable volonté supranationale de miser sur la coopération entre les acteurs opérationnels et les scientifiques pour mieux anticiper au mieux les risques, extrêmes et soudains.

Figure 9. Les trois cycles emboîtés de la gestion globale des risques naturels. (Leone et Vinet 2017)



En violet, les enjeux décisionnels simulés dans PICSCaRE.

civile impactant la protection des populations, le PCS définit le dispositif communal opérationnel. Il se veut être un outil d'aide à la décision pour les équipes communales, car il contient un ensemble d'informations permettant de « gérer les crises », de l'identification des vulnérabilités à l'inventaire des moyens (humains et matériels) en passant par les modalités organisationnelles de mise en œuvre, etc. Des études tentent d'améliorer l'opérationnalité de ces outils, notamment en utilisant des techniques comme la modélisation des systèmes organisationnels par simulation numérique, pour analyser les défaillances qui peuvent être fonctionnelles, structurelles et/ou organisationnelles (Flaus et al 2010). C'est le maire, qui est le responsable pénal de la mise en œuvre des moyens pour protéger et informer la population en cas d'évènement. Il doit dans la plupart des cas, diriger la cellule de crise composée de son équipe communale.

La gestion de crise se définit par la procédure qui englobe l'ensemble des actions permettant de limiter la gravité des conséquences (dégâts/victimes) (Daoudi et al. 2019). Les actions pendant cette période particulière, sont relatives aux modes de gouvernance et de communication mise en place après l'activation de la cellule de crise. Elles sont encadrées et réglementées par le Plan communal de sauvegarde (PCS) qui est un document réglementaire obligatoire pour toutes les communes soumises à un risque majeur. En cas d'évènement de sécurité

Malgré les outils réglementaires à disposition, la prise de décision collective reste difficile, car elle est marquée par l'incertitude, le stress et la pression temporelle (Lapierre 2016). Les retours d'expériences nous montrent que les aspects cognitif et humain ont un rôle très important dans la prise de décisions, c'est pourquoi l'appropriation des outils doit être anticipée avant la crise. Les impacts des biais cognitifs ont été analysés depuis longtemps en psychologie, notamment dans le cadre des travaux d'Amos Tversky et Daniel Kahneman dès les années 70 (Kahneman et Tversky 1984). Ils ont ainsi décrit le mode de fonctionnement habituel de la pensée et les mécanismes de raisonnement face à l'interprétation des probabilités, pour des problématiques économiques. Baruch Fischhoff s'est ensuite intéressé à la prise de risques et aux décisions en contexte d'incertitude (Fischhoff 1995).

Dans le cadre des événements de crues soudaines, les retours d'expériences mettent en évidence des défaillances dans l'interprétation de la vigilance comme l'impression de la banalisation de la vigilance orange cité le retour d'expérience des inondations du 14 au 17 octobre 2018 dans l'Aude en 2018 (Rapport CGEDD n° 012561-01). En effet, en gestion de crise, les différents mécanismes d'organisation (organisationnels, individuels mais aussi techniques) et la coordination pour l'utilisation des produits d'informations (vigilance, interprétation des probabilités) doivent être intégrés et appropriés par l'ensemble des acteurs pour faire face à l'incertitude et à l'urgence de la situation. Les comportements collectifs inadaptés et les biais cognitifs (décrit par les théories des comportements planifiés d'Ajzen (1991, 2002), impactent la perception de la situation chez les décideurs et donc la prise de décision. Les décideurs sont, en effet, confrontés, à plusieurs enjeux contradictoires entre l'éthique de la perte de vies humaines et les coûts économiques et politiques des mesures de protection. Il est impératif que les gestionnaires et décideurs de crise, s'entraînent pour acquérir l'expérience nécessaire à la gestion de situations inattendues et de capitaliser les expériences vécues pour pouvoir faire appel aux compétences de manière automatique (Lapierre 2016).

Dans le tableau suivant, nous avons tenté de répertorier quelques exemples de dispositifs en lien avec le domaine de la gestion de crise, pour illustrer la diversité des formes et des usages. Ceci n'est qu'un extrait des dispositifs croisés dans cette étude.

Tableau 1 : Inventaire comparatif des outils de formation à la gestion de crise

Type de dispositif	Nom	Objectifs	Différences et similitudes avec le jeu PICSCaRE
Démarche participative lié avec une simulation 3D	Littosim	Proposer un aperçu de la gestion des risques intercommunales et de la prise de décision collective en lien avec le risque de submersion marine	Sensibiliser et informer sur les aménagements de protection et les effets d'une politique de gestion intercommunale. Proposer un espace d'échange aux acteurs décisionnaires.
Jeu de rôles lié à une interface numérique	Sim-Mana	Proposer une expérience de gestion et d'aménagement du territoire permettant d'accroître l'acceptabilité des solutions basés sur la nature pour limiter les impacts liés aux risques inondations	Un modèle de simulation multi-agents Sim-Mana et un jeu Mana-Flo Un territoire virtuel basé sur un modèle de territoire réel 5 à 10 personnes par session

Simulation numérique mono-joueurs	Floodsim	Simulation mono-joueurs permettant de simuler la prise de décision en regard du risque d'inondation, de la démographie et de l'économie.	Support informatique Sensibiliser à la prise de décision et a ses effets sur le territoire.
Simulation participative lié avec un jeu de plateau et une interface numérique.	CitinCrise	Atelier immersif, jeux de rôle permettant la simulation d'une expérience de gestion de crise lié à l'aléa inondation pour faciliter les échanges entre les acteurs opérationnel et les décideurs	Simulation d'une 1 heure de temps réel de la phase d'alerte avec une crue lente. Permettre aux citoyens mais aussi aux acteurs opérationnels de se former/sensibiliser à la gestion du risques inondation.
Jeux de rôle simulant la gestion de crise face à la fermeture du tunnel du Chambon	Gescocrise	Montrer la complexité du jeu d'acteurs en gestion de crise	Jeux de rôle montrant les contraintes et enjeux lié aux responsabilités des différents acteurs par l'incarnation de rôles. Proposer un espace d'échange aux acteurs décisionnaires.
Simulation numérique	SIMFOR Icrisis /Atrisk	Simulateur de gestion de crise	Support informatique Formation opérationnelle à l'utilisation des outils (communicationnels décisionnels...)
Application smartphone	Mission Inondation	Sensibilisation aux enjeux des risques naturels	Permettre l'appropriation des enjeux lié aux risques inondation
<i>Exercice fonctionnel</i>	<i>Exocrise (IRMA)</i>	<i>Formation aux déclenchements du PCS</i>	<i>Permet l'entraînement des agents selon un scénario probable de crise. (En italique car, il n'entre pas dans la catégorie des Jeux-Sérieux) Cf : Figure 7</i>

La gestion de crise, nous l'avons vu, est particulière de par les aspects d'isolement de la cellule de crise et sa haute fonction de décision. C'est le centre des opérations, d'où partent toutes les informations et décisions importantes. L'écart de connaissances, de compétences et d'implication entre les différents élus et autres acteurs territoriaux, peut être très important, en fonction des vécus et de la place des risques sur le territoire. D'après N. Bécu, qui a étudié et analysé des démarches participatives et notamment le dispositif LittoSim, présenté en exemple dans la prochaine partie, le mode d'apprentissage à l'œuvre dans les simulations participatives a été formalisé par Kolb dès 1984, « *l'apprentissage prend lors du débriefing, c'est le moment réflexif où les participants s'interrogent leurs expériences durant le jeu* ».

Des boucles d'apprentissages expérientiels, tel que défini par Kolb (1984), mises en évidence dans l'*Annexe 3 : Modélisation du cycle expérimentale de Kolb (1984) appliqué à la simulation ludo-participative du jeu PICSCaRE*, décrivent l'apprentissage comme un cycle où chaque boucle est composée de 4 grandes étapes qui commence dès l'engagement du joueur dans l'atelier. La première boucle se matérialise à l'introduction, avec la présentation des informations, l'apprentissage il se met en application lors de la simulation. Ensuite, une deuxième boucle survient lorsqu'il s'agit d'ancrer les apprentissages lors du débriefing en prenant du recul sur la simulation et en faisant le lien avec les pratiques dans la réalité. C'est pourquoi, il faut absolument prévoir un temps assez long pour cette dernière étape qui est très importante. Même si, la plupart des simulations participatives ne reproduisent pas vraiment la réalité d'une cellule de crise, elles permettent une première approche qui ouvre les discussions et les débats entre des acteurs qui ont rarement cette opportunité dans un cadre professionnel. La prise de conscience et l'apprentissage pourra impacter la mise en action.

L'objet de mes recherches s'appuie sur l'hypothèse que les aspects ludiques de la mise en œuvre d'une simulation participative peuvent permettre aux acteurs de s'immerger dans une situation de crise. Cela doit ainsi leur permettre de s'approprier les mécanismes, liés à la collaboration et aux échanges d'informations, ainsi que les enjeux de la gestion de crises, liés aux responsabilités et aux contraintes des acteurs diversifiés par l'interprétation de rôles clef. À la différence des exercices PCS, les jeux comme PICSCaRE proposent une forme simplifiée et ludique pour appréhender la gestion de crise et ne demandent aucun prérequis nécessaire. Ils peuvent être adaptés au grand public, et peuvent aussi être utilisés à des fins de formation. Tout l'enjeu de la mise en place d'un protocole d'évaluation serait d'apporter une analyse quantitative de l'effet de ces dispositifs, en plein essor, tant dans leurs conceptions (au vu de la demande et du besoin de formation exponentielle de plus en plus de jeux sérieux sont développés) que dans leurs usages (augmentation de la demande et du nombre participants aux ateliers). Les acteurs du projet PICS ont donc décidé de travailler à la construction d'informations probabilistes basées sur les impacts socio-économiques et de les tester dans la mise en situation proposée dans le cadre du jeu PICSCaRE dans l'hypothèse que celles-ci aideront à réduire l'incertitude face à l'évolution de la situation.

Nous nous sommes donc intéressés aux moyens d'évaluation et d'observation, notamment utilisés en psycho-sociologie, pour réaliser des enquêtes (Chauchat 1985) et des analyses statistiques (Renaud 2017), pour d'une part, voir si le jeu développé répond bien aux objectifs pour lesquels il est utilisé, et d'autre part, nous tenterons de quantifier l'apport des produits d'informations probabilistes d'impact sur la gestion de l'incertitude et la mise en place de mesure de protection. Avant de réaliser le protocole d'évaluation en lien avec ces 2 aspects, nous avons exploré la bibliographie pour comprendre comment nous pouvions évaluer l'outil « jeu » et ses effets, mais aussi comment récolter de la donnée qui servira de base pour répondre aux hypothèses de recherches.

3 Approches illustrant la diversité des protocoles mis en place pour évaluer les dispositifs participatifs de formation à la gestion de crise

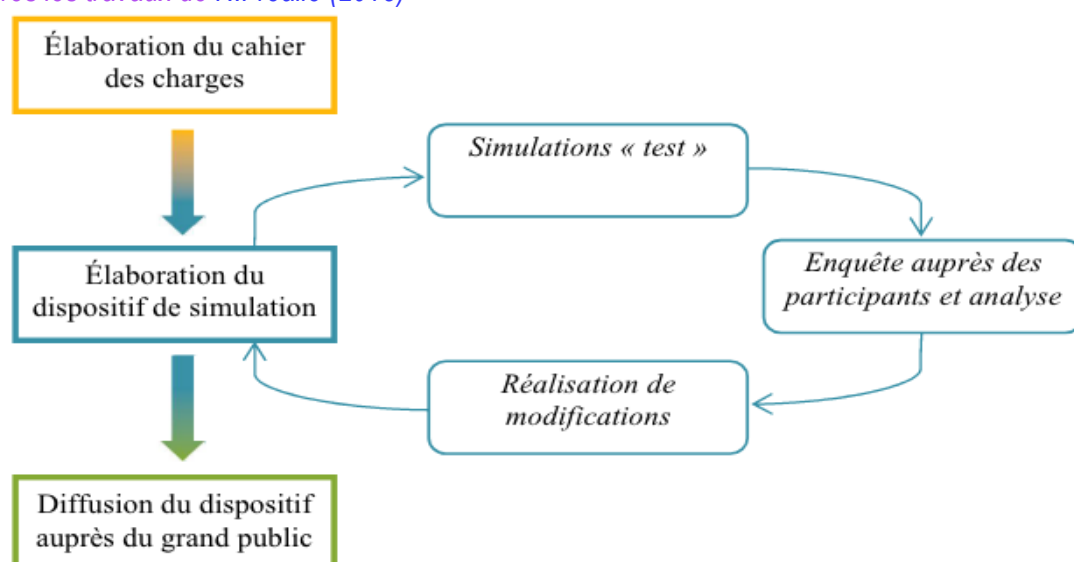
Ces exemples ne sont pas exhaustifs des moyens mis en place pour évaluer les jeux sérieux collaboratifs, mais ces 3 formes permettent de distinguer 3 approches complémentaires. Étant un objet dynamique ayant pour objectif une évolution des connaissances individuelles, mais dans un cadre collectif, les méthodes d'évaluation combinent à la fois des méthodes tirées des sciences sociales, de la psychosociologie et des sciences du comportement. Comme plusieurs fois relevée dans les recherches bibliographies, l'évaluation des dispositifs est un sujet de recherche en soi. Le besoin d'évaluation des effets de ces simulations doit être appréhendé comme un objet de recherche ayant un lien très fort avec les évolutions des pratiques (professionnelles comme avec la mise en place de mesures de gestion ou personnelles avec le respect ou non des règles destinées à la protection des populations). Encore aujourd'hui, les chercheurs tentent élaborer des méthodologies reproductibles pour distinguer l'évaluation du support et l'évaluation des effets de ces outils qui ont pour but une modification des comportements dans la réalité.

3.1 Le processus Itératif : évaluer l'outil en vue de son amélioration.

- **CitinCrise et son évaluation par les chercheurs/concepteurs de l'EDM de Saint-Etienne**

Grâce aux échanges avec monsieur Éric Piatiszek, (chercheur-hydrologue) nous avons pu voir que le CitinCrise a été développé grâce à un processus itératif proche de la procédure d'évaluation des dispositifs ComMod (en lien avec la modélisation d'accompagnement) (Barreteau *et al.* 2017 ; Becu 2020 ; Daré 2010). Cette évaluation est destinée à analyser les retours d'expériences des participants et à améliorer le dispositif. Elle est caractérisée par un questionnaire « de satisfaction » à remplir par les participants après la simulation. C'est une méthode assez classique que l'on retrouve dans différents jeux analysés. (CitinCrise, illustré figure 10, mais aussi dans la simulation liée à la fermeture du tunnel du Chambon, GéoscoCrise, questionnaires présentés en exemples Annexes 4 : Questionnaire CitinCrise et Annexe 5 : Questionnaire GescoCrise.

Figure 10 : Processus itératif d'élaboration du simulateur de gestion adapté aux citoyens.
D'après les travaux de N.Frealle (2018)



Les concepteurs de ces jeux ont généreusement partagé, les outils et leurs analyses, des avantages et des limites relevés lors de la passation et du traitement de ces données. Lors de nos échanges, les concepteurs des jeux et notamment ceux de CitinCrise, ont évoqué la volonté de mettre en place des entretiens semi-dirigés destinés à mieux comprendre l'impact de ces simulations sur l'évolution des pratiques professionnelles des élus. Nous avons mutualisé nos recherches et partagé nos impressions pour construire la structure de la grille d'entretien (Annexe 6 : Retours sur l'entretien semi-dirigé de CitinCrise). Les limites de ces données sont qu'elles ne concernent qu'un seul temps de mesure. On ne peut donc pas voir d'évolution, ni mesurer les impacts de la simulation sur les apprenants.

3.2 Les grilles d'analyses : pour caractériser et évaluer les sessions.

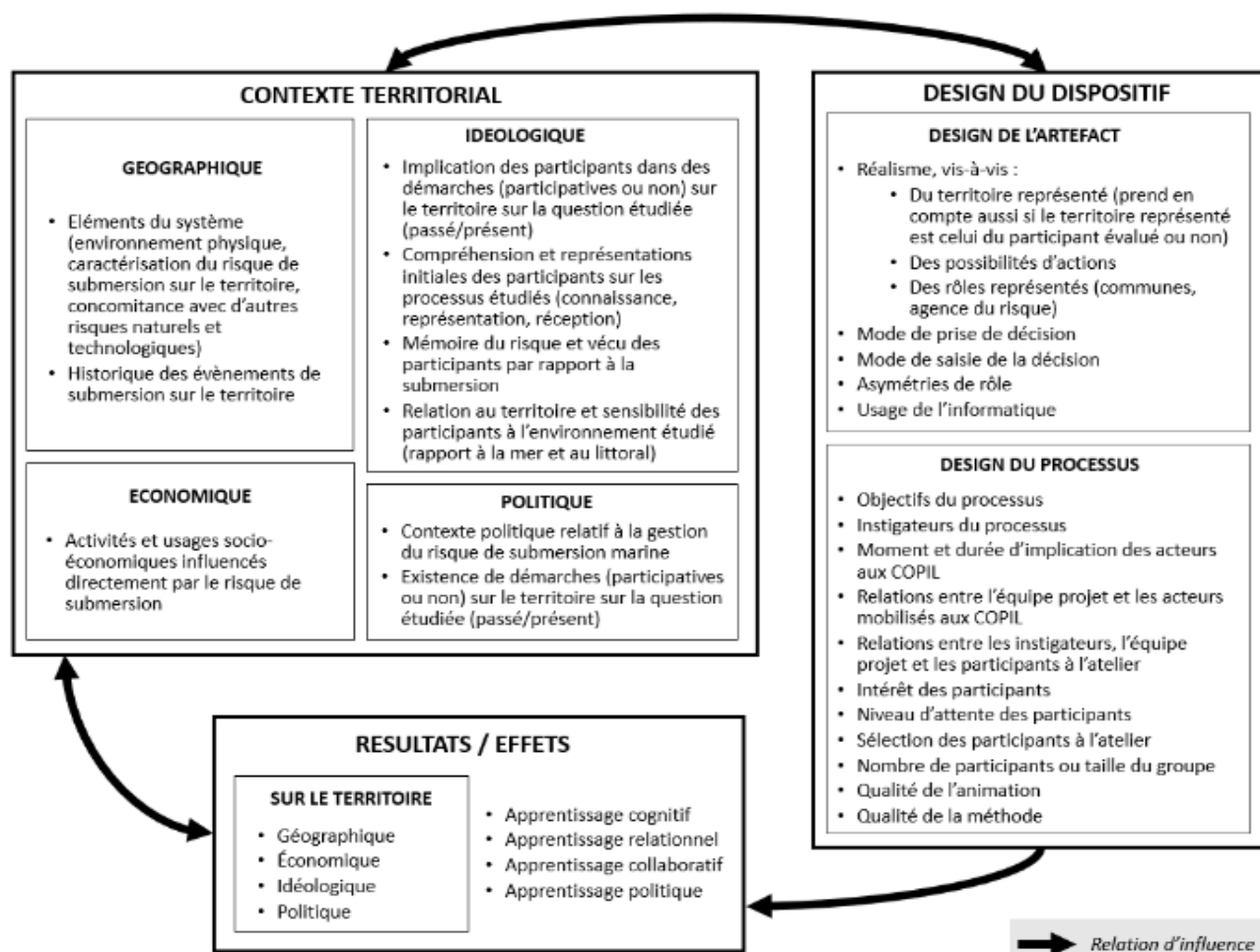
- **La grilles d'évaluation pour le suivi du dispositif LittoSim**

Le dispositif LittoSim est né de la combinaison entre un jeu de plateau et une simulation numérique. Ce jeu, développé de manière coopérative avec plusieurs laboratoires de recherche (LIENSs (La Rochelle), CITERES (Tours), PACTE (Grenoble), PRODIG (Paris), UMMISCO (IRD), a pour but d'accompagner les acteurs de communes littorales soumis au risque de submersion marine, dans

leurs réflexions en matière d'aménagement territorial, en permettant un accroissement de la culture du risque et en opérant un rapprochement entre chercheurs et gestionnaires des risques côtiers (Amalric *et al* 2017).

Pour l'évaluation du dispositif, A.Monfort a croisé plusieurs approches (Monfort *et al.* 2020) : celle d'Hassenforder *et al* (2016) principalement, qui a réalisé travail de synthèse durant sa thèse sur l'évaluation des effets d'un dispositif participatif en formalisant le cadre théorique "MEPP Framework" ou distingue les variables à prendre en compte dans chacune des 3 dimensions (contexte/processus/résultats) illustré figure 11. Le suivi évaluation a aussi pris en compte les travaux de Becu (2020) pour le design de l'artefact et la classification des apprentissages, et la notion de territoire en géographie, pour étudier le contexte et appréhender les effets du jeu. La thèse en cours d'Amélie Monfort tente de mettre en place un suivi-évaluation pour mesurer les effets des différentes sessions menées sur un territoire donné. La figure 11 vient illustrer la démarche mise en place pour l'évaluation et le suivi. Cette méthode permet de faire les liens entre le contexte, le design du dispositif et les effets.

Figure 11 : Protocole de suivi-évaluation du dispositif LittoSim d'après Monfort (2019) inspiré d'Hassenforder *et al* (2016)



- **Les grilles d'analyses (multi-critériées qualitatives)**

Une des méthodes les plus répandues pour récolter de la donnée et caractériser une session est l'utilisation de grilles multicritères. On retrouve, comme sur l'exemple ci-dessous figure 12, la possibilité de caractériser le jeu selon plusieurs variables (en haut en bleu foncé), puis d'évaluer grâce

aux différents indicateurs, l'atteinte des objectifs pédagogiques, le ressenti d'émotions individuelles par les participants et les aspects sociaux dans la simulation entre les participants. Les indicateurs sont associés à des méthodes basées sur la récolte de données.

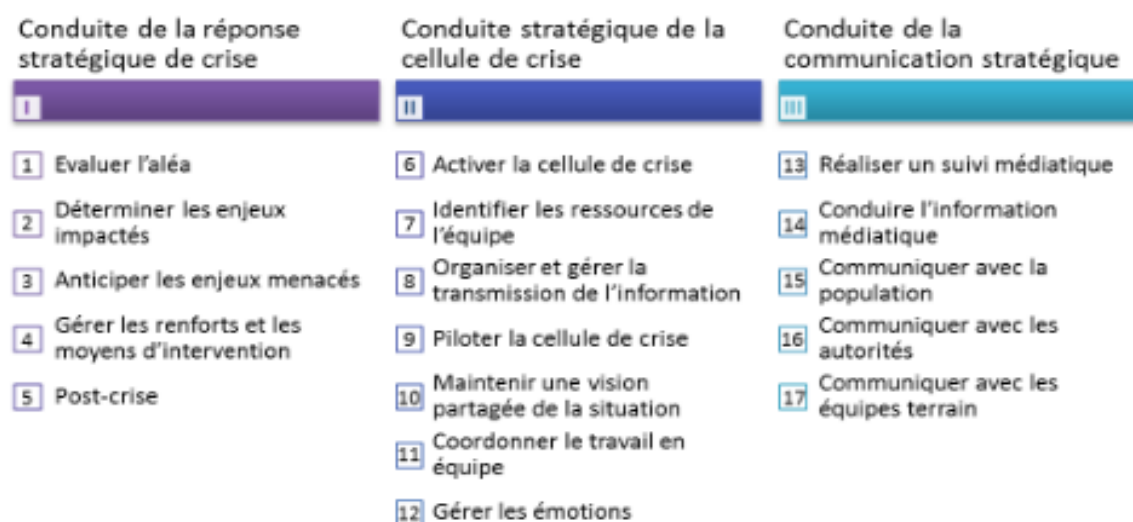
Figure 12 : Grille multicritères pour la caractérisation et l'évaluation des jeux sérieux en gestion de crises proposé par Damien Djaouti (Daoudi et al. 2019)

<u>Caractérisation</u>	•Nature du jeu: mono ou multi-joueurs •Contexte d'apprentissage: compétences techniques, non-techniques •Objectifs pédagogiques: sensibilisation, transfert de connaissances,... •Public visé: experts du domaines, grand public, étudiants,... •Type de crise: naturelle, humaine ou technologique •Genre du jeu: numérique ou non		
<u>Evaluation</u>	Pédagogiques	Emotionnels	Sociaux
Critères	•Compétences •Connaissances •Missions/actions	•Engagement •Frustration/Stress •Ennui •peur	•Communication •Coordination •Présence Sociale •Collaboration
Indicateurs (méthodes)	•Questionnaire •Evaluation qualitative (debriefing humain) •Performance:score, temps écoulé, ...	•Etat de Flow •Intensité des émotions •Reconnaissance faciale/physiologique	•Mesures de centralité •Mesures de densité •Evaluation qualitative par rapport à un scénario expert (référence)

- **La Méthode EVADE : construction d'un référentiel destiné à évaluer les compétences/connaissances nécessaires à la gestion de crise**

De manière beaucoup plus spécifique à l'évaluation individuelle dans les procédures de gestion de crise et, à l'acquisition de compétences liées à la conduite d'une cellule de crise, Dimitri Lapierre a analysé et caractérisé les savoirs, savoir-faire et savoir-être nécessaire à la « bonne » conduite d'une gestion de crise (Lapierre 2016). Quelques-unes de ces compétences sont illustrées dans la figure 13, qui montre 17 missions associées aux 3 axes stratégiques qui sont définis premièrement par la réponse, la conduite et la communication.

Figure 13: Les 17 missions associées aux 3 axes stratégiques d'une cellule de crise. (Lapierre 2016)

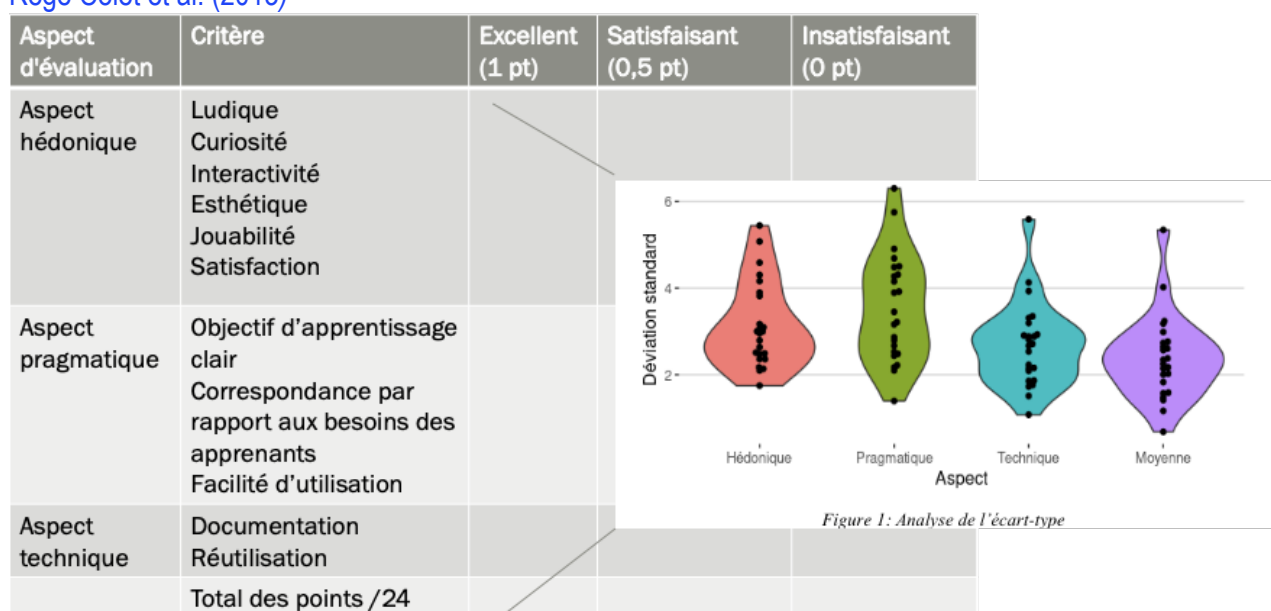


Il a ensuite décliné ces compétences en objectifs pédagogiques puis, il a formalisé des modèles pour représenter l'ensemble des connaissances qu'une cellule de crise doit posséder. Il met en avant le fait que ces multiples aspects doivent être gérés de manière coopérative. Il faut que toutes les compétences soient représentées par au moins une personne de la cellule. Son travail a abouti à la construction d'un référentiel pédagogique comprenant 192 objectifs permettant aux formateurs de se référer à des critères d'évaluation précis.

- **Les grilles d'analyses (multi-critériées quantitatives)**

Dans la continuité de l'utilisation de grille d'évaluation pour l'analyse des dispositifs, on relève une méthode encore assez "classique" qui est l'attribution d'un score à chaque critère. Comme sur la [figure 14](#), qui a été tiré d'une évaluation d'un jeu pour l'apprentissage de la programmation en informatique. La possibilité de donner un score permet de limiter les biais d'interprétation.

Figure 14 : Grille d'évaluation des jeux sérieux scientifiques d'après Liu et al. (2021) inspiré des travaux de Rege Colet et al. (2013)



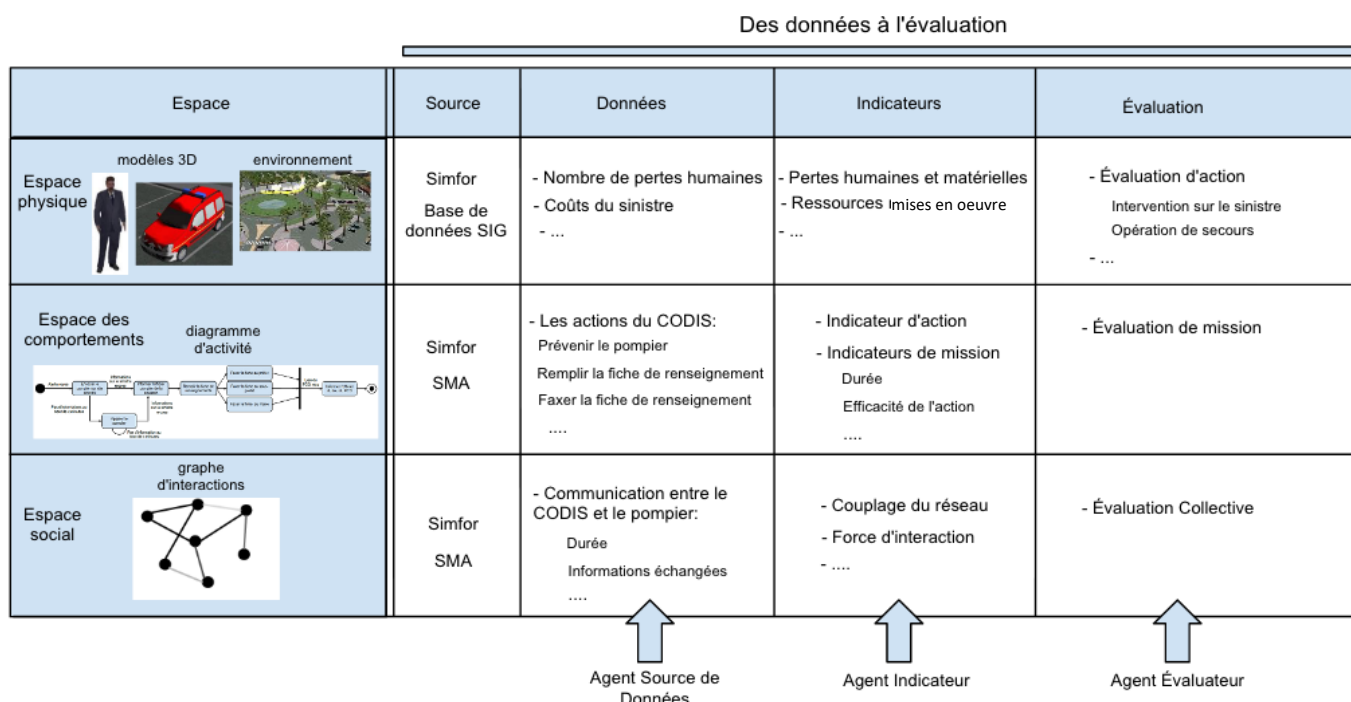
De plus, cette grille propose d'évaluer distinctement les aspects hédoniques, pragmatiques et techniques, mais elle reste très centrée sur l'outil et le dispositif. On peut imaginer qu'en fonction des scores obtenus certaines améliorations pourraient être faites sur le jeu.

- **L'espace d'évaluation lié au jeu SIMFOR destiné à la formation des sapeurs-pompiers.**

Les travaux menés par M'hammed Ali Oulhaci dans « *Évaluation individuelle et collective dans les jeux sérieux collaboratifs : Application à la gestion de crise* » ([Oulhaci 2014](#)) ont fortement influencé la mise en place du protocole d'évaluation expérimental de PICSCaRE. En effet, il a d'abord détaillé plusieurs types d'évaluations inspirés des travaux de [Dintillac et Ignace \(2005\)](#) pouvant être combiné pour mesurer les effets de jeu sur l'appropriation des enjeux et l'évolution des pratiques. On trouve des évaluations pronostiques, diagnostique, formative, formatrice et sommative. Il a aussi mis en évidence la différenciation entre 3 espaces distincts (l'espace physique, l'espace des comportements et l'espace social) répondant à des critères spécifiques d'évaluation illustrés dans la [figure 15](#). En

effet, malgré l'aspect numérique du jeu, on peut retrouver ces différents espaces dans tous les jeux sérieux en lien avec la gestion de crise.

Figure 15 : « Des données à l'évaluation ». Illustration des 3 espaces d'évaluation par Ali Oulhaci (2014),



Dans sa thèse en vue de la validation d'un doctorat en informatique, M'hammed Ali OULHACI montre comment récolter des données sur les apprenants en utilisant la modélisation multi-agents pour simuler et identifier des comportements. Il a ensuite appliqué son dispositif d'évaluation, individuel et collectif, au jeu de simulation SIMFOR, destiné à la formation de sapeurs-pompiers. Cette évaluation permet d'évaluer les performances des joueurs dans le jeu. Cela permet de revenir sur les points à améliorer facilement. En revanche, cette évaluation ne permet pas de dire si la simulation numérique est plus efficace qu'un autre outil, plus classique, pour l'acquisition de savoirs et de compétences.

4 Méthodologie : Pour l'adaptation et l'évaluation du jeu ANYCaRE dans sa version PICSCaRE

4.1 L'adaptation d'ANYCaRE dans sa version PICSCaRE : un projet collaboratif.

Le début de la mission a été marqué par l'appropriation de l'environnement du projet PICS et de l'outil à adapter, le jeu « ANYCaRE ». Très tôt, le projet de participer à des conférences sur les enjeux des jeux et leurs évaluations ont permis la mise à plat des différents aspects du projet. (Les produits d'information, la conception du jeu et l'évaluation associée). J'ai alors participé à la rédaction des deux appels à communication, dans lesquels, je devais décrire synthétiquement le projet et ses objectifs (*Annexe 7 : Appel à communication aux journées GAMAE à Clermont-Ferrand* et *Annexe 8 : Appel à communication Jeux & Enjeux à Lille*).

ANYCaRE, est un jeu de rôles créé par une équipe pluridisciplinaire de chercheurs issus du projet Européen ANYWHERE (Terti et al. 2019). Il a ensuite été utilisé et adapté à plusieurs reprises dans le cadre de projet en lien avec la formation des acteurs opérationnels et des décideurs en charge de la gestion de crise. Ce jeu se concentre sur la phase de préparation et de réponse dans la dynamique des processus d'alerte en cas de réalisation de phénomènes hydrométéorologiques extrêmes. Il implique quatre composantes majeures : 1) la compréhension des enjeux propres au territoire ; 2) le type d'acteurs et leur rôle dans la prise de décision, 3) la chronologie des phases d'alerte, 4) le type de décision à prendre pour sécuriser les populations exposées. Les joueurs adoptent alors les rôles des représentants des différentes organisations rassemblées dans une cellule de crise préfectorale afin de choisir les meilleures options pour assurer la sécurité des personnes face à l'occurrence d'un phénomène dommageable.

La chronologie du jeu est adaptée au rythme du phénomène météoclimatique considéré. Trois tours de jeu successifs permettent de simuler et d'anticiper l'évolution du risque, de sa détection à la survenue des impacts. Le jeu ANYCaRE a fait l'objet de plusieurs types d'évaluation, dont une, qui a servi de base à notre étude, celle de Weyrich et al. (2021). Ce jeu a ainsi été remobilisé et adapté afin de tester des hypothèses de recherche liées à la nature et la source de l'information pour permettre une meilleure anticipation et gestion de crise en répondant à la question « *Les informations issues des médias sociaux, améliorent-elles la prise de décision en situation de crise météo-climatique ?* » Les résultats de cette analyse montrent que le jeu permet d'une part, l'appropriation des enjeux liés à la diversité des responsabilités, incarnées par les rôles proposés aux joueurs. D'autre part, il met en évidence la difficulté de la prise de décision (individuelle et collective) face à la variété, la crédibilité et l'incertitude des sources et contenus d'informations fournies lors des différents tours de jeu. Nous avons eu accès à son analyse détaillée dans l'article « *Using serious games to evaluate the potential of social media information in early warning disaster management* » mais pas aux données brutes, ce qui aurait pu être intéressant pour la construction du questionnaire lié à la nouvelle version du jeu ANYCaRE intitulée PICSCaRE.

Ma première mission s'est donc articulée autour de la prise en main de ce jeu et de son adaptation. J'ai alors gardé la structure du jeu ANYCaRE pour y intégrer les informations probabilistes du Projet PICS. Nous avons utilisé PICSCaRE pour mesurer l'apport des produits de prévision probabiliste sur la prise de décision collective. Pour mener à bien cette expérience et rendre l'expérience PICSCaRE ludique et motivante pour les participants, nous nous sommes inspirés des règles et des travaux liés à la conception des jeux-sérieux détaillés dans la partie 2 de ce mémoire. Ensuite, afin de pouvoir exploiter des données individuelles et collectives, nous avons établi, à l'aide de la combinaison des outils et des méthodes analysés en partie 3, un protocole expérimental d'évaluation afin de mesurer l'apport de la simulation participative et des produits probabilistes de prévision des impacts sur la prise de décision. Nous avons adapté le jeu dans sa nouvelle version selon un processus itératif mené avec l'équipe de chercheurs de projet PICS en modifiant : Le territoire (territoire réel anonymisé), la temporalité du jeu (simulation passant de 3 jours à 5h), l'aléa (crue lente à crue soudaine) et les produits d'informations, mais aussi les éléments d'introduction et de débriefing. Comme le montre la Figure 16., les informations sont distribuées de manière spécifique aux rôles et le territoire a été simplifié, pour permettre une rapide appropriation des contraintes et des enjeux.

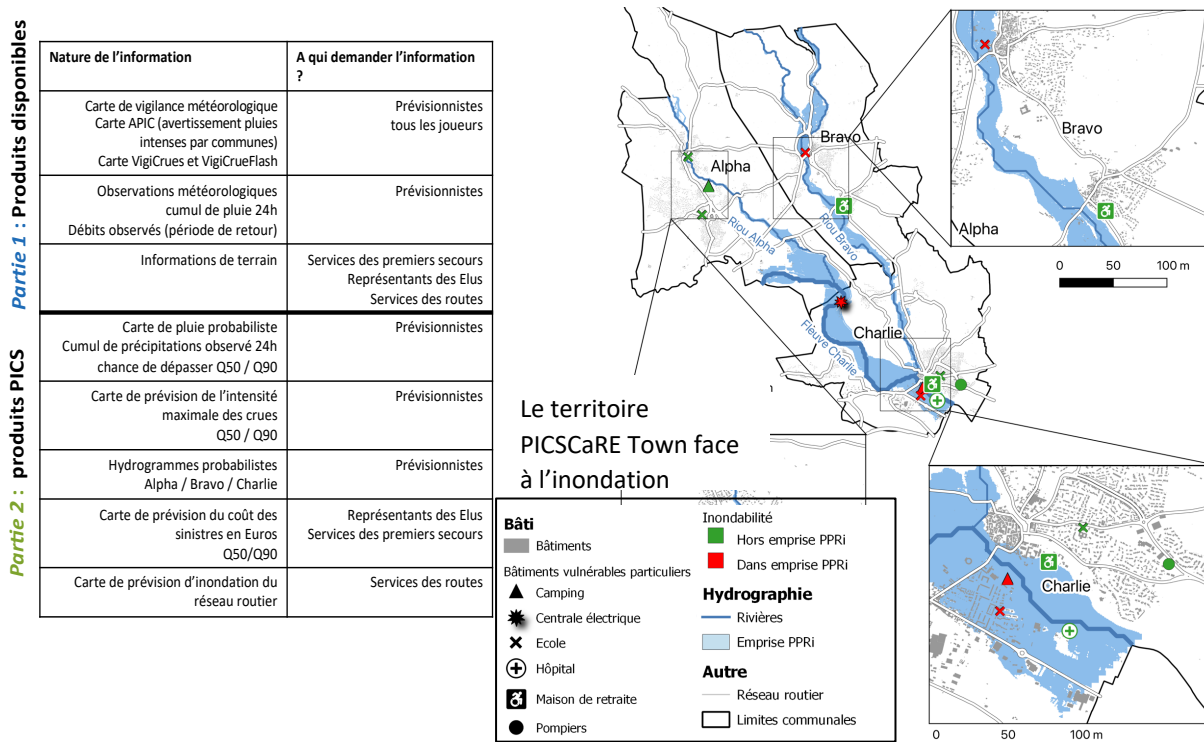
À chaque tour, les décisions sont contraintes par le temps, les tours durent environ 20 minutes et sont découpés en 2 parties. L'urgence est simulée par la réduction de ce temps imparti entre les tours. Les informations de la partie 1 sont issues du système de vigilance opérationnel actuellement

et celles de la partie 2 sont issues des modélisations PICS. Les joueurs doivent alors se mettre d'accord au plus vite sur la base de ces informations, pour remplir la fiche de décision. (*Annexes 9 : Matériel de jeu PICSCaRE V.2.0 -fiche de décision*). On peut alors voir si les informations fournies en partie 2 font évoluer les choix.

Le développement du jeu sérieux PICSCaRE, comme une expérience de gestion de crise, permet la facilitation de la participation et la mise en interactions des acteurs, mais il a aussi pour objectif, de tester l'opérationnalité des « produits d'informations » en situation d'incertitude face à l'occurrence d'événements hydrométéorologiques extrêmes et soudains. Les premières informations distribuées lors des parties 1 sont de même nature que celles actuellement disponibles pour les communes et développées par Météo France à l'échelle de la France métropolitaine. On retrouve les informations météorologiques comme les cartes de cumul observé sur les dernières 24h, les cartes d'avertissement Pluies intenses par commune (APIC) et la classique carte de vigilance météorologique de Météo France disponible sur : <https://vigilance.meteofrance.fr/fr>.

Sont également fournies les informations hydrologiques produites par les services de prévision des crues et le SCHAPI (Service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des inondations). On retrouve les cartes d'avertissements automatiques VigiCrueFlash, qui sont issues de la prévision de débits (tous les bassins ne sont pas couverts par ces informations). Elles permettent la détection automatique du risque de crues soudaines <https://apic-vigicruesflash.fr/>. Elles viennent compléter le

Figure 16 : Produits d'Informations et introduction au territoire du Jeu PICSCaRE



service de vigilance VigiCrues <https://www.vigicrues.gouv.fr>, qui produit une information au moins 2 fois par jour sur les principaux cours d'eau. Ces systèmes sont opérationnels, mais plusieurs limites ont été identifiées et ciblées dans le projet PICS : anticipation limitée, couverture géographique partielle, pas de représentation des impacts socio-économiques...

Les membres du projet PICS se sont donc attachés à concevoir de nouvelles chaînes de prévision ciblant ces lacunes. L'objectif était donc de développer des outils de modélisation, notamment probabilistes, pour constituer de nouvelles chaînes intégrées de prévisions immédiates capables d'anticiper de quelques heures les crues soudaines et leurs impacts. Ces informations probabilistes d'ensemble ont pour but de permettre une meilleure anticipation des crues jusqu'à +6h, avec la représentation de l'incertitude et la spatialisation des impacts socio-économiques.

Pour l'étude et pour le jeu, nous traiterons et évaluerons, en termes de compréhension, d'appropriation d'intérêt et d'utilité dans la prise de décision, une partie des informations produites, notamment :

- les cartes de prévisions du cumul de pluie,
- les cartes de prévisions des débits et les hydrogrammes probabilistes +0h à +6h,
- les cartes de prévision des impacts (spatialisation du coût des dommages en € et de l'inondation des bâtiments à enjeux)
- les cartes de prévision de l'inondation des réseaux routiers.

En plus des informations, nous avons aussi adapté la description des rôles, la répartition des informations, la fiche de décision et les artefacts du jeu. Nous avons enfin développé des outils annexes destinés d'une part à contextualiser la session (fiche simulation), à homogénéiser l'animation (guide animation) et d'autre part des outils dédiés à l'observation : 2 grilles d'observations ponctuelles et chronologiques. (Outils disponible en [Annexe 10 : Matériel technique PICSCaRE V2.0](#)). Dès les premiers retours, un projet de deux versions destinées à la formation des élus (Version expert) et à la sensibilisation (Version Grand public), les objectifs et améliorations potentielles sont illustrées dans la [figure 17](#).

Pour la version Grand Public	Pour la version Expert
Simplifier/ diminuer les informations Donner plus de temps pour l'appropriation des informations Objectifs Sensibilisation à la complexité des enjeux et la diversité des rôles Faire du citoyen un facilitateur de la gestion de crise Amener les réflexions sur la prise de décision collective en situation d'incertitude	Faire une situation avec un élément perturbateur / fausse alerte Ajouter des rôles Ne pas donner toutes les clefs de lecture (plusieurs degrés de vulgarisation) Objectifs Formation, premier aperçu simplifié de la gestion de crise Faciliter les interactions entre les acteurs Tester les produits d'informations probabilistes

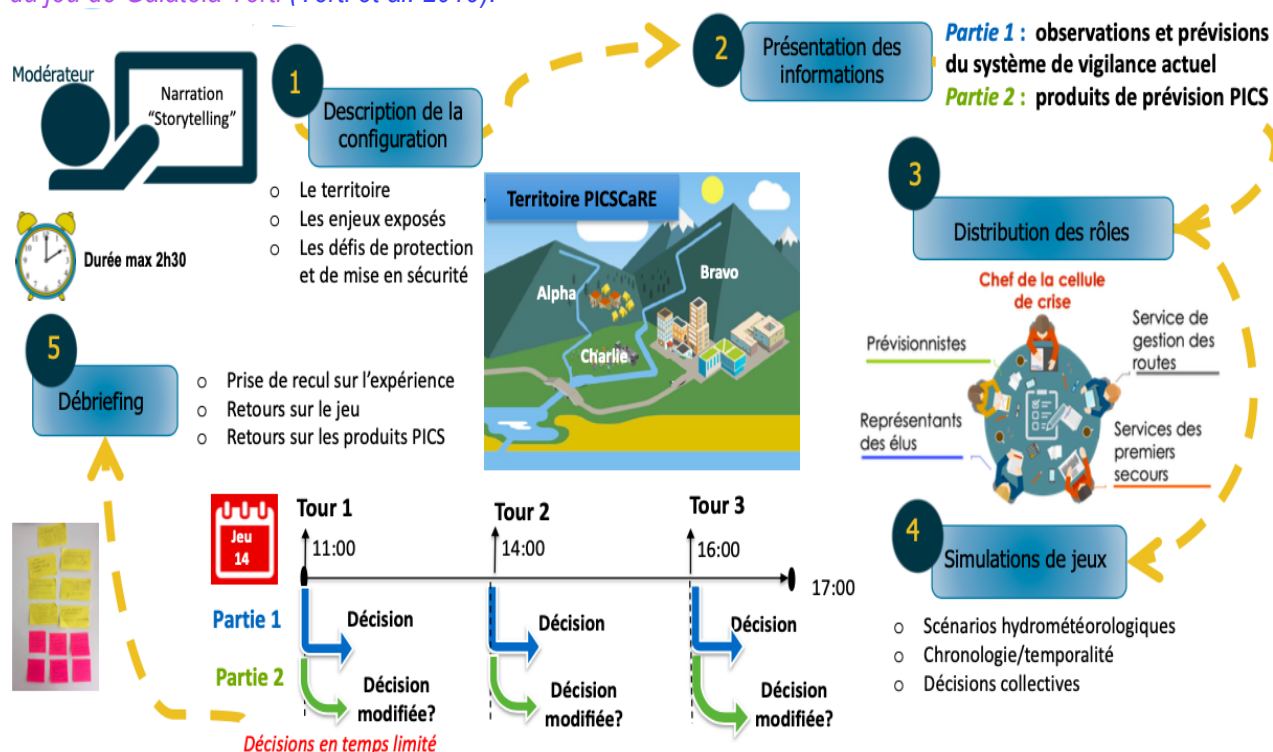
Figure 17 : Propositions d'améliorations pour la suite du projet.

4.2 La mise en place du protocole expérimental pour évaluer les effets du jeu et l'intérêt des informations probabilistes.

Les spécificités de PICSCaRE par rapport à d'autres jeux sont liées aux produits d'informations qui sont proposés aux joueurs en fonction de leurs rôles et notamment les produits d'informations probabilistes qui, selon les hypothèses des chercheurs, peuvent aider à réduire l'incertitude face aux impacts potentiels liés à l'occurrence d'événements hydro-météorologiques extrêmes. De plus, le territoire PICSCaRE Town a été anonymisé, mais il est basé sur un territoire et un scénario d'aléa réel.

La mobilisation d'un territoire réaliste a été proposée dans les résultats d'analyse de [Weyrich et al. \(2021\)](#) où les participants d'une session S-ANYCaRE menée dans les Alpes Suisse ont fait l'hypothèse que travailler sur une ville réelle permettrait une meilleure mise en situation et une perspective plus directe avec la réalité. De plus, les chercheurs avaient besoin de se baser sur un territoire pour créer les produits d'informations probabilistes. Afin de vérifier les sorties de modèles, ils ont créé les informations sur la base d'un événement qui s'est produit dans le sud de la France en 2018. Nous avons en revanche, anonymisé ce terrain d'étude pour empêcher les joueurs de reconnaître l'événement ou le territoire. Dans la [figure 18](#), extrait de [l'Annexe 11](#), on peut comprendre l'articulation entre les 5 différentes étapes du jeu. Le protocole d'évaluation présenté en [figure 19](#), consistera entre autres, à réaliser une enquête avant et après l'étape 4 et à combiner ces données individuelles avec des données collectives issues de la fiche de décision, et de l'observation directe du jeu et du débriefing, mais aussi avec des variables contextes (Fiche simulation) qui tenteront

Figure 18 : Les étapes du déroulement d'une session du jeu PICSCaRE. Réalisé à partir de la présentation du jeu de Galateia Terti (Terti et al. 2019).



d'expliquer les évolutions entre des réponses au questionnaire. ([Annexe 10 Matériel technique PICSCaRE- Fiche simulation/Guide animation/Grille d'observation](#))

D'après les recherches bibliographiques et la collaboration avec Claudia Terran-Escobar, post-doctorante et psychosociologue dans l'équipe HMCIS, les jeux sont des environnements favorables aux apprentissages, mais pour l'instant très peu de méthodes d'évaluation se sont intéressées à quantifier et caractériser ses effets un moyen et long-terme. Comme nous l'avons vu, la mise en situation permet aux joueurs d'acquérir des compétences pendant la simulation qui sont ensuite remobilisées lors du débriefing. Afin de comprendre ce qui peut influencer l'acquisition des savoirs et savoir-être liés à la gestion de crise, comme analysés et détaillés par Dimitri Lapierre dans la méthode EVADE ([Lapierre 2016](#)), nous avons d'abord identifié les objectifs pédagogiques du jeu PICSCaRE. Ceci est détaillé dans les réponses aux appels à communication ([Annexe 7 : Appel à](#)

communication GAMAE et 8 : Appel à communication Jeux&Enjeux) puis décrit dans l'introduction du jeu. (*Annexes 9 : Matériel de jeu PICSCaRE V.2.0-Presentation_générale*) Ces objectifs s'articulent autour de 3 axes qui sont : 1) Faciliter les interactions et la participation des acteurs, 2) Permettre l'appropriation des enjeux de la gestion de crise et des outils de prévision probabilistes et enfin 3) Mettre en évidence la complexité de la prise de décision collective dans un contexte d'incertitude et d'urgence simulées. (Ruin et al. 2022).

Pour évaluer les effets du dispositif, il faut bien séparer l'évaluation du dispositif, assez classique, permettant de voir si les aspects ludiques et la dynamique liés au support, au contexte et à l'animation remplissent bien les objectifs, de l'évaluation des effets du jeu sur l'acquisition de connaissances/compétences. Pour réaliser cette analyse, il faudrait réutiliser des méthodes statistiques robustes telles que le *randomise control trial*, qui permet de voir les effets d'un outil par rapport à une population dite de contrôle qui n'utilisera pas le jeu. Sur le modèle des tests en médecine, on verrait le jeu comme un médicament. Il faudrait pour cela avoir une « base line » qui décrirait la situation avant toute intervention. Cette méthode permettrait une comparaison entre l'évolution des connaissances de la population contrôle, qui n'aurait pas eu le traitement, (ici on parle bien du jeu) avec l'échantillon test qui aurait lui joué la simulation. Cette méthode pourrait même être élargie à une population contrôle qui aurait suivi ce qu'on appelle une tâche complexe en lien avec les objectifs pédagogiques du jeu, mais qui se traduirait plutôt par une présentation classique, comme une conférence sur les enjeux de la gestion de crise. Malheureusement, cette méthode demande un temps de mesure long et un investissement de moyens important. Pour évaluer le jeu et les savoirs/savoir-faire mobilisés, nous avons choisi de réaliser un rapide questionnaire avant et après la simulation en fonction des hypothèses et des objectifs définis aux préalables. Avant d'arriver à la version finale présentée dans *Annexe 10 Matériel technique PICSCaRE V2.0-Questionnaire*, de nombreux prototypes ont été testés et modifiés jusqu'à une version finale répondant plutôt bien aux besoins d'évaluation.

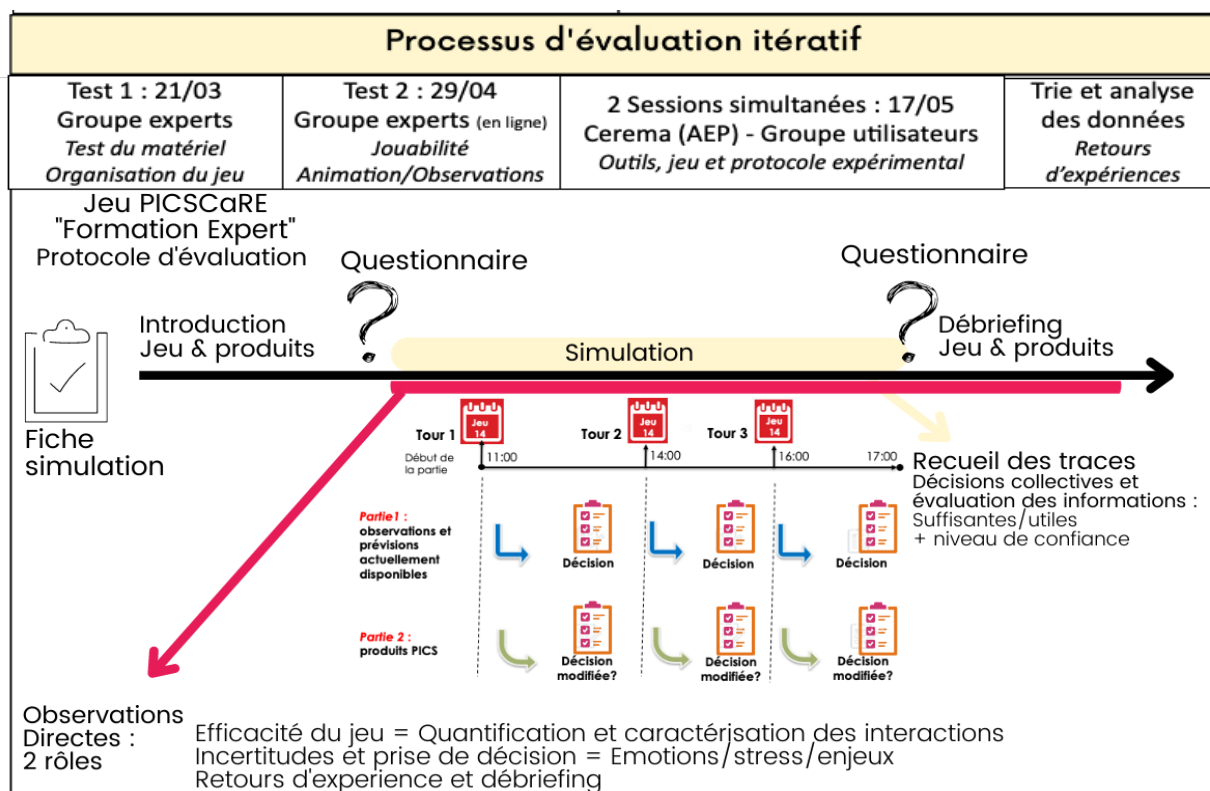
Premiers résultats

Le jeu PICSCaRE a été développé puis testé à 3 reprises avant de se présenter dans sa forme finale, disponible en annexe (*Annexes 9 : Matériel de jeu PICSCaREV.2.0: Présentation générale, présentation rôles, Fiche de décision*). Comme on peut voir sur la *Figure 19*, seuls 3 tests du jeu ont été réalisés pendant la mission. Le premier test a rassemblé le groupe d'expert qui a travaillé à l'élaboration des informations de prévisions probabilistes d'ensembles. Lors de cette session, des problèmes sur la répartition et l'interprétation des informations ainsi que sur la temporalité du jeu ont été signalés. J'ai pu à l'aide d'enregistrements audios, tester les grilles d'observations et développer le matériel pour l'animation (*Annexe 10–Matériel technique PICSCaRE V2.0 /Animation-Observation*). Plusieurs propositions d'organisation et notamment la proposition de jouer le jeu seulement avec les informations actuellement disponibles, puis une partie de jeu seulement avec les produits PICS. Cela aurait permis de limiter l'effet de la quantité d'informations pouvant mener à une évolution de la décision entre les premières et les deuxième parties des tours, sans vraiment être lié à l'information en elle-même mais plutôt à l'aspect cumulatif des informations fournies.

Le deuxième test a été réalisé en ligne, toujours avec des personnes proches du projet. Ce test a permis de vérifier les modifications proposées suite à la première session de test. Nous avons évalué

la jouabilité de l'outil et testé le guide d'animation puis les grilles d'observations. Certaines remarques ont permis d'améliorer encore un peu plus la jouabilité et la cohérence du scénario joué.

Figure 19 : Les étapes du processus itératif ayant permis le développement du jeu ANYCaRE dans sa version PICSCaRE combiné au protocole d'évaluation expérimental.



Enfin, les 2 dernières sessions ont été jouées en présentiel, cette fois avec le groupe utilisateurs PICS, au CEREMA d'Aix-en-Provence. Deux tables de 11 joueurs ont testé la version finale du jeu PICSCaRE et son protocole d'évaluation. Les retours d'expériences ont pu être détaillés lors de la deuxième journée de restitution du projet PICS, dans la présentation co-construite avec Isabelle Ruin (disponible en [Annexe 11 : Diaporama de restitution du projet PICS](#)).

Les données issues de ces sessions, récoltées grâce aux outils développés dans le protocole, présentées dans le tableau suivant et détaillées dans l'[Annexe 12 : Tableau des variables](#), ont pour objectif de répondre aux hypothèses de recherches. Elles ont été rapportées et triées dans une feuille de calcul en vue d'une analyse multi-niveaux ([Annexes 13 : Fichier Excel -analyse données](#)). Les premiers tests ont permis de mettre en évidence que les outils d'observations imaginés, à partir des grilles d'observations utilisées lors des exercices PCS fournis par l'IRMA et du guide pour l'observation des démarches participatives pour le collectif ComMod¹⁷, étaient trop ambitieux. Ils ne permettaient pas une récolte de données objective et homogène. Nous avons imaginé 2 rôles distincts, l'un sur la dynamique du jeu avait pour objectif de compter les interactions et le nombre d'appels à l'aide, l'autre devait repérer les émotions des joueurs, notamment le stress ainsi que les enjeux qui préoccupaient les acteurs (Bâtiments, population, survenue de l'aléa...). Nous avons comparé les données de la même session, récoltées par 2 observateurs à qui nous avons donné les mêmes règles

¹⁷ Disponible à l'adresse suivante :

https://agritrop.cirad.fr/596224/1/Manuel_ComMod_Observation_Jeux_2020_WEB.pdf

d'observation, des différences notables sont apparues notamment sur le deuxième objectif concernant les émotions. Un travail d'amélioration, de clarification et d'ergonomie pourra être réalisé dans la suite de la mission.

Tableau 2 : Le développement des outils afin de créer les indicateurs permettant de caractériser les variables à expliquer

Outils	Indicateurs	Variables	Objectifs
Fiche simulation	Identifiant Caractéristiques jeu Caractéristique de la session	Simulation	Pouvoir comparer les sessions Caractériser le contexte et les objectifs
Guide d'animation	Discours Intro/débriefing Suivi chronologique	Simulation	Homogénéiser l'animation entre les sessions
Grilles d'observations	Quantification et caractérisation des interactions + appel à l'aide Suivi : Émotions/préoccupations Débriefing	Collectives	Caractériser la dynamique de la session et qualifier l'expérience Quantifier les interactions Analyser les préoccupation/émotions
Fiches de décisions	Évolution décision Évaluation des informations/niveau de confiance	Collectives	Évaluer l'apport des produits PICS sur la prise de décision collective Évolution décision/communication P1->P2 Suffisantes/Utiles/Confiance
Questionnaire Pré-Post simulation	Identifiant Attentes/Défis Informations/Jeu Profil – Niveau d'expertise	Individuelles	Évaluer l'apport des produits PICS sur la prise de décision collective : Compréhension/Intérêt/Utilité Évaluer les effets du jeu Analyser la capacité de soi

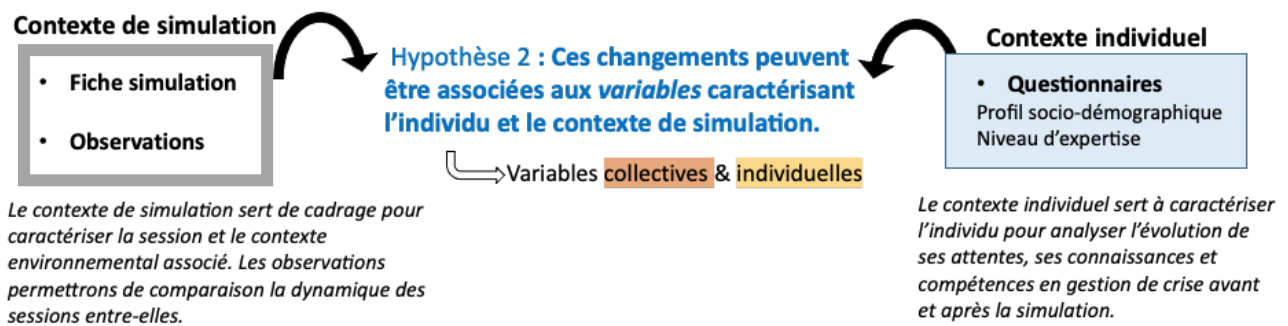
En effet, pour répondre à l'hypothèse 1, portant sur l'idée que la simulation PICSCaRE facilite la compréhension des enjeux autour de la prise de décisions collectives et l'appropriation des connaissances et savoir-faire utile à la gestion de crise, nous allons analyser l'évolution des variables individuelles issues du questionnaire traitant des perceptions sur les produits d'informations et les connaissances sur les défis auxquels sont confrontés les acteurs de la gestion de crise et les variables collectives issus de la fiche de décision et de l'observation.

Nous verrons si :

- 1 - Les produits d'informations de prévisions probabilistes des impacts aident la prise de décision.
- 2 : Des effets de l'expérimentation ludique sont perceptibles dans les éléments marquant les apprentissages
- 3 : PICSCaRE a des effets sur l'appropriation des informations probabilistes et l'intention de les utiliser à court et moyen terme.

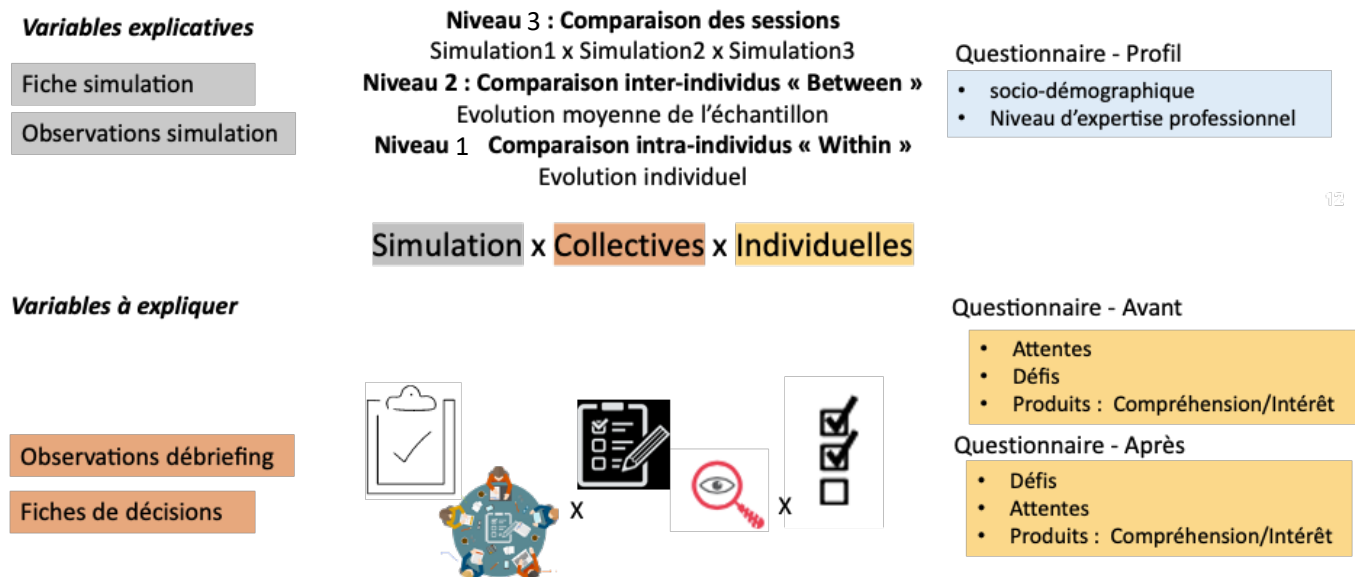
Nous verrons ensuite comment nous pouvons expliquer ces évolutions au travers les données relatives au contexte de simulation et au contexte individuel illustré [figure 20](#). Nous avons pour projet ensuite de combiner les différentes données en vue d'analyses multi-niveaux présentées dans la [figure 21](#).

Figure 20 : Description de la méthode pour caractériser les contextes



En effet, ce type d'analyse statistique présente des avantages lorsqu'il existe des observations multiples pour un seul individu (modèle imbriqué ou nested data). De plus, lorsque certaines données sont manquantes cela n'empêche pas de réaliser les traitements statistiques contrairement à une analyse ANOVA. (Boisgonthier 2016)

Figure 21 : Modélisation simplifiée de la combinaison des variables en vue de l'analyse multi-niveaux



Le projet d'analyse n'est pas encore totalement finalisé mais les idées de croisement sont déjà bien définies. Nous voulons en effet, réaliser des analyses multiniveaux, une première analyse portant sur les variables collectives récoltées sur 3 temps de mesures (les 3 tours de jeu), l'autre analyse plutôt sur les variations individuelles portant sur la compréhension et la perception de l'utilité des informations probabilistes (récoltées via le questionnaire sur 2 temps, avant et après la simulation). Dans la première analyse, nous tenterons d'expliquer l'évolution des décisions prises entre la partie 1 et la partie 2, par les variables issues du contexte de simulation et de l'observation de la simulation (Niveau 1). Ainsi, que de comparer les décisions en fonction des sessions (Niveau 2)

Dans la seconde analyse, nous évaluerons les évolutions des réponses individuelles au questionnaire présession et post session (Niveau 1) Ensuite, les variations individuelles nous permettront de comparer les réponses entre les individus (Niveau 2). Et enfin, nous pourrions comparer les évolutions des perceptions entre les individus au travers les différentes sessions (Niveau 3).

Les données présentées dans *l'Annexe 13 : Analyse données*, devront être retravaillées avant l'analyse statistique. En effet, certaines variables qualitatives se verront transformées en variables quantitatives. Nous avons prévu le calcul de score sur certaines variables notamment par exemple pour déterminer le degré d'expertise des joueurs. Avant de continuer la récolte de données via les questionnaires, la fiche simulation et les grilles d'observations, une harmonisation et une amélioration dans la formulation des questions devra être faite dans la suite de la mission. La difficulté d'homogénéiser la récolte des données est un enjeu primordial dans l'évaluation des jeux sérieux. C'est pourquoi, il faudra prévoir un guide méthodologique pour l'utilisation de ce protocole expérimental. Pour finir de préparer le développement, pour l'utilisation, du jeu PICSCaRE, le matériel de jeu et le protocole d'évaluation, une synthèse des modifications est présentée en *Annexe 14 : La formalisation des modifications à faire dans la suite de la mission*.

Conclusion

Ce travail, réalisé sur 4 mois, a soulevé de nombreuses problématiques liées à l'utilisation croissante des jeux pour l'apprentissage et la mise en interactions des participants. Comme nous l'avons vu tout au long de l'étude, les jeux ont un véritable potentiel d'apprentissage et répondent à un besoin de coopération/participation. Leurs évaluations doivent faire appel à des compétences de domaines variés, parfois très éloignées de celles des concepteurs. Dans le cadre de mes recherches, j'ai pu découvrir des outils diversifiés qui m'ont montré l'étendue de ce potentiel pour, d'une part réunir et faciliter la participation des joueurs, mais aussi permettre l'acquisition de savoir de manière ludique. Même si peu de données ont été récoltées en vue de prouver ces observations, les retours d'expériences exprimés dans les jeux analysés (comme 2tonnes, la fresque du climat, CitinCrise, Tunnel du Chambon, LittoSim...) dans les phases de débriefing vont dans ce sens. En revanche, aucun des jeux sérieux étudiés ne propose une évaluation objective des effets du dispositif, sur les intentions d'actions et les évolutions de comportement, ou à plus long terme sur les potentiels d'évolutions des pratiques.

Nous nous sommes intéressés à un jeu sérieux qui a pour objectif principal de « favoriser la participation et les interactions entre acteurs diversifiés » mais aussi de permettre aux joueurs de « développer leurs compétences » dans un domaine précis. Le processus de conception et de création d'un jeu sérieux, comme nous l'avons défini largement, comme une activité ludique à visée pédagogique, est long, fastidieux et demande une vision très claire du domaine d'expertise. Pour concevoir ces outils, les spécialistes du domaine doivent faire appel à des experts notamment des éditeurs, graphistes, pédagogues, psychologue, etc. aux champs de compétences plus ou moins éloignés de leurs expertises. La communication et la coopération entre ces acteurs rencontrent les mêmes problématiques que celles rencontrées par les acteurs diversifiés à qui sont destinés les jeux. Même si pour cette étude, nous nous intéressons seulement qu'à une petite catégorie de jeux sérieux, les simulations ludo-participatives, de manière générale, il faut, pour créer le support et le scénario pédagogique, que les créateurs se coordonnent et travaillent avec des professionnels. On peut alors se questionner sur le potentiel de l'outil « jeu » comme un produit et un objet de la recherche pour favoriser la coopération et l'interdisciplinarité.

Les jeux-sérieux en gestion de crise répondent à des enjeux spécifiques en termes de facilitation des échanges et d'apprentissage par la pratique. Les démarches ludo-participatives impliquant un jeu de rôle multijoueur sont de plus en plus répandues et répondent à un véritable besoin de formation et de sensibilisation. Le jeu PICSCaRE était en premier lieu à destination des professionnels. Nous verrons dans la suite du projet qui a été prolongé jusqu'en fin décembre, comment développer une version pour le grand public et continuer la formalisation du protocole et l'homogénéisation de la récolte de données. Les perspectives de développement et la modularité du jeu PICSCaRE obligent à réfléchir aux potentielles options pour la dynamique du jeu et la vulgarisation des informations. L'objectif de jeu sera de rendre compte des difficultés de la gestion de crise et de la prise de décision collective en situation d'incertitude, en vue aussi d'encourager les comportements facilitateurs des citoyens. Les prises de décisions individuelles pendant ces événements extrêmes et soudains sont souvent synonymes de comportements dangereux et de mise en danger. C'est pourquoi, l'équipe de chercheurs de l'IGE travaille actuellement à l'intégration d'un modèle multi-agent basé sur plus de 15 ans de données de retour d'expérience et d'analyse des réponses comportementales face aux crues rapides (Ruin et al. 2014). L'intégration de la modélisation multi-agents, permettra de créer un indicateur comme un « Feedback », en vue d'améliorer la prise en compte de la vulnérabilité des populations face à la mobilité pendant la gestion de crise. Cette modélisation permet de simuler les déplacements sur le territoire PICSCaRE Town, selon différents scénarios en suivant différents types de comportements.

Cela permettra de mieux envisager les différents comportements des habitants et de mesurer l'impact des actions de protection et de communication mises en place par les joueurs sur l'exposition des populations.

De plus, sur le volet gestion/anticipation des crises à venir, l'écart de connaissances et des compétences entre les acteurs fait que pour permettre la formation, l'utilisation d'outils diversifiés et ludiques permettrait d'une part, d'évaluer un niveau de connaissances et de faire ressortir certains manques et de permettre un diagnostic des préoccupations. D'autre part, les jeux sont utilisés pour la formation et permettre de mettre en situation en se rapprochant plus ou moins de la réalité. PICSCaRE propose une première approche pour mettre en relation des acteurs. Plusieurs idées ont été émises pour la poursuite du projet, notamment celle de réaliser un diagnostic de l'état de la gestion des risques sur une ou plusieurs communes pour réaliser une comparaison de type « étude de cas ». L'objectif serait de les proposer à des territoires/organismes intéressés par l'évaluation des dispositifs de gestion de crise, imposé légalement par la récente loi MATRAS. On pourrait imaginer un diagnostic à t0 puis avec l'idée de former 2 territoires, l'un avec des outils « conventionnels » l'autre avec une sélection de plusieurs jeux de gestion de crise, avec des objectifs complémentaires qui constituerait un parcours « ludique ». Le niveau de difficulté pourrait augmenter à chaque exercice qui serait accompagné d'un protocole d'évaluation. A la fin de l'étude un nouveau diagnostic permettra de comparer les apprentissages et l'évolution de la capacité de soi par exemple. Pour le projet de diagnostics, environnemental et social, suivie de la mise en place d'un « parcours ludique » afin de proposer différentes activités pour la formation et d'aller vers des dispositifs de plus en plus réalistes pour s'entraîner à la gestion de crise. La méthodologie serait mise en place sur un temps long et combinerait plusieurs types d'évaluations.

Pour conclure, au vu de la croissance exponentielle du nombre d'outils développé et de l'intérêt qu'ils suscitent dans le monde académique, l'évaluation objective des effets des jeux sérieux, pourrait

constituer un sujet de thèse. Plusieurs contraintes peuvent expliquer ce manque d'évaluation. D'abord, l'évaluation des effets est souvent associée à l'évaluation du support qui sert surtout à souligner les améliorations ou à identifier les freins aux aspects ludiques de l'outil à partir des retours d'expériences des joueurs ou par le biais de l'observation directe ou encore la mise en place d'enquête ou d'entretiens semi-dirigés. Il faudrait dissocier les objectifs de l'évaluation du jeu et l'évaluation de ses effets. De plus, la contrainte temporelle qui empêche la mise en place de protocole robuste lors des exercices. En effet, les jeux sérieux issus de la recherche académique sont souvent longs, avec une durée de simulation supérieure à 1h30, auquel on rajoute un temps d'introduction et de débriefing. Cela rend assez compliqué la mise en place d'entretiens avant et après. De plus, cette méthode connaît elle aussi des contraintes, bien connues des sciences sociales notamment celle des biais, qui peuvent amener les répondants à modifier leurs réponses pour « faire plaisir » ou éviter de se sentir jugé. C'est le concept de désirabilité sociale. C'est pourquoi, il est important d'anonymiser les questionnaires et s'attarder sur la formulation neutre des questions

Références bibliographiques

Abt, Clark. 1970. *Serious Games*. Viking Press.

Ajzen, Icek. 1991. « The Theory of Planned Behavior ». *Organizational Behavior and Human Decision Processes* **50(2)**: 179-211.

———. 2002. « Perceived Behavioral Control, Self-Efficacy, Locus of Control, and the Theory of Planned Behavior ». *Journal of Applied Social Psychology* **32(4)**: 665-83.

Alvarez, Julian. 2007. « *Du jeu vidéo au serious game* ». 446p.

———. 2018. « La ludopédagogie ». *Bruxelles, (Belgique)*.

https://www.researchgate.net/publication/328872658_La_ludopedagogie.

———. 2019. « Design des dispositifs et expériences de jeu sérieux ». *Multimédia [cs.MM]*. Université Polytechnique des Hauts-de-France, (tel-02415027v2): 325p.

Amalric, Marion, Brice Anselme, Nicolas Becu, Etienne Delay, Nicolas Marilleau, Cécilia Pignon, and others, "Sensibiliser Au Risque de Submersion Marine Par Le Jeu Ou Faut-Il Qu'un Jeu Soit Spatialement Réaliste Pour Être Efficace ?" *Sciences Du Jeu*, **8**, 2017 <https://doi.org/10.4000/sdj.859>

Aubert, Alice H., Wietske Medema, et Arjen E. J. Wals. 2019. « Towards a Framework for Designing and Assessing Game-Based Approaches for Sustainable Water Governance ». *Water* **11(4)** : 869p.

Barnier, Gérard. 2010. « *Théories de l'apprentissage* ». 17p.

Barreteau, Olivier, François Bousquet, Michel Étienne, et Véronique Souchère. 2017. « *La modélisation d'accompagnement : une méthode de recherche participative et adaptative* ». Chapitre 1, 26p.

Becu, Nicolas. 2020. « *Les courants d'influence et la pratique de la simulation participative : Contours, design et contributions aux changements sociétaux et organisationnels dans les territoires* ». 268p. HDR

Bellotti, Francesco, Riccardo Berta, et Alessandro De Gloria. 2010. « Designing Effective Serious Games: Opportunities and Challenges for Research ». *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)* **5(S13)**: 22p.

Brougère, Gilles. 2019. « Gilles Brougère - Jouer et apprendre. » « *Jouer, rejouer, déjouer, enjouer. Le jeu au cœur de l'aide rééducative/relationnelle à l'école* » Limoges (Actes du XXXIVe congrès de la Fnarem,): 9p.

Boisgontier, Matthieu P. Boris Cheval, 2016, The anova to mixed model transition, *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, Volume 68, 1004-1005p, ISSN 0149-7634, <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.05.034>.

Caillois, Roger. 1967. *Les jeux et les hommes*. Folio Essais. Paris.

Chauchat, Hélène. 1985. *L'enquête en psycho-sociologie*. Paris : Presses universitaires de France.

Chollet, Antoine. 2019. « MOOC "Enseigner avec les serious games" » « *Différence entre jeu vidéo, serious game, serious-gaming et ludification : proposition d'une typologie des usages managériaux des technologies et pratiques ludiques* ».

- Csikszentmihalyi, Mihaly. 1990. « *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. Harper Perennial ».
- Daré, Williams. 2010. « Apprentissage des interdépendances et des dynamiques », in Michel Étienne, *Modélisation d'accompagnement* ». Editions Quæ « Update Sciences & Technologies » p. 223-250: **29**.
- Demargne, Julie et al. 2019. « Intégration des prévisions immédiates de pluie à haute-résolution pour une meilleure anticipation des crues soudaines ». *La Houille Blanche* **105(3-4)**: 13-21.
- Djaouti, Damian. 2011. « *Serious Game Design - Considérations théoriques et techniques sur la création de jeux vidéo à vocation utilitaire* ».
- Djaouti, Damien. 2014. « De l'utilité de l'appellation « Serious Game ». Le jeu est-il l'apanage du divertissement ? » *Interfaces numériques* **3(3)**: 409-29.
- . 2016. « *Serious Games pour l'éducation : Utiliser, créer, faire créer ?* » <https://doi.org/10.4000/trema.3386>.
- Djaouti, Damien, Olivier Rampnoux, et Julian Alvarez. 2016. *Apprendre avec les serious games ?* Réseau Canopé.
- Erdn, Stéphanie, et Audrey Boulant. 2018. « *Les jeux numériques sérieux, des outils au service de l'Éducation au Développement Durable* ». : 79p.
- Eydieux, Jérémie. 2017. « Gouverner les risques par le doute. Une approche pragmatiste du dialogue technique. » *Université de Nantes (Unam) Gestion et management.*: 483p.
- Fischhof, Baruch. 1995. « Risk Perception and Communication Unplugged: Twenty Years of Process' ». *Risk Analysis*, Vol. 15, No. 2. 9p.
- Flaus, Jean-marie, Emmanuelle Berthelie, et François Giannoccaro. 2010. « Modélisation de systèmes organisationnels pour l'analyse des défaillances : Application du plan de sauvegarde communal ». *8 eme conférence Internationale de MODélisation et SIMulation - MOSIM'10*.
- Frealle, Noémie. 2018. « *Formation à la gestion de crise à l'échelle communale : méthode d'élaboration et de mise en œuvre de scénarios de crise crédibles, pédagogiques et interactifs* ». : 473p.
- . 2019. « Un simulateur de gestion de crise inondations pour les citoyens : Application aux riverains du Rhône ». *Geo-Eco-Trop 4 (43)*, (emse-02484318): 16p.
- Freysselinard, Éric, Nacer Lalam, et Cheila Duarte Colardelle. 2022. « Défis actuels et émergents des gestionnaires et spécialistes de crise ». *Lettre d'information sur les Risques et les Crises N°65 LIREC* Le département Études et recherches de la direction de la recherche et de la prospective (DIREP), l'Institut des hautes études du ministère de l'Intérieur (IHEMI).
- Gilbert, Claude. 2002. *Risques collectifs et situations de crise, Apport de la recherche en sciences sociales*. L'Harmattan.
- Hassenforder, Emeline et al. 2016. « *The MEPPP Framework: A Framework for Monitoring and Evaluating Participatory Planning Processes* ». 19p.
- Hulin, Thibaud. 2020. « *Les jeux sérieux : état des lieux de la recherche et pistes pour la recherche* ». <https://gis-2if.shs.parisdescartes.fr/les-jeux-serieux-etat-des-lieux-de-la-recherche-et-pistes-pour->

la-recherche/.

Kahneman, Daniel, et Amos Tversky. 1984. « Choices, Values, and Frames ». *American Psychologist*: **10p.**

Kellner, Catherine. 2000. « *La médiation par le cédérom “« ludo-éducatif »” : approche communicationnelle* ». 428p.

Kolb, David. 1984. « *Experiential Learning: Experience As The Source Of Learning And Development* ».

Lapierre, Dimitri. 2016. « *Méthode EVADE : une approche intégrée pour l’EValuation et l’Aide au DEbriefing* ». : 427p.

Lavigne, Michel. 2016. « Les faiblesses ludiques et pédagogiques des Serious games ». *Numérique & éducation* : 18p.

Leone, Frédéric, et Freddy Vinet. 2017. *Gérer les risques naturels : pratiques et outils*. Presses universitaires de la méditerranée.

Les chercheurs ignorants. 2015. *Les recherches-actions collaboratives*. Presses de l’EHESP. Rennes : Presses de l’école des hautes études en santé publique.

Liu, Ying-Dong, Julien Gossa, et Laurence Schmoll. 2021. « Permettre l’évaluation par les pairs de projets tuteurés en informatique : une grille critériée adaptée aux jeux sérieux ». : 12p.

LOI n° 2021-1520 du 25 novembre 2021 visant à consolider notre modèle de sécurité civile et valoriser le volontariat des sapeurs-pompiers et les sapeurs-pompiers professionnels. 2021. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000044367862>.

Loudin, Sarah. 2020. « *Peut-on évaluer expérimentalement l’impact des processus participatifs en gestion de l’eau ? Étude d’une méthode générique ciblant l’évaluation de capacités* ». : 362p.

Lutoff, Céline, et Séverine Durand. 2020. *Mobilités face aux événements hydrométéorologiques extrêmes 2, analyse des rythmes d’adaptation*. ISTE Editions Ltd 2020. British Library.

Monfort, Amélie, Marion Amalric, et Nicolas Becu. 2020. « *Approche et méthode d’évaluation de la participation dans un dispositif de simulation participative : le cas de LittoSIM* ». : 19p.

Muratet, Mathieu, Fabienne Viallet, Patrice Torguet, et Jean Pierre Jessel. 2009. « *Une ingénierie pour jeux sérieux* ». EIAH : 11p.

Olombel, Guilhem, Paola Vianez, et Damien Djaouti. 2021. « Évaluation de l’efficacité pédagogique d’un jeu d’évasion au lycée ». *Sciences du jeu* (16). <http://journals.openedition.org/sdj/3667> (consulté le 4 avril 2022).

Oulhaci, M’hammed Ali. 2014. « Évaluation individuelle et collective dans les jeux sérieux collaboratifs : Application à la gestion de crise ». Spécialité : Informatique. Université D’aix-Marseille École Doctorale Ed 184 Faculté Des Sciences Et Technique Lsis Umr Cnrs 7296 / Dimag.

Rebolledo-Mendez, Genaro, Katerina Avramides, Sara de Freitas, et Kam Memarzia. 2009. « Societal Impact of a Serious Game on Raising Public Awareness: The Case of FloodSim ». In *Proceedings of the 2009 ACM SIGGRAPH Symposium on Video Games - Sandbox ’09*, New Orleans, Louisiana: ACM Press, 15. <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1581073.1581076> (consulté le 1 mars 2022).

- Reghazza-Zitt, Magali, et Samuel Rufat. 2015. *Résilience société et territoires face à l'incertitude, aux risques et aux catastrophes*. ISTE Editions.
- Renaud, Olivier. 2017. « 74165 - *Statistiques en psychologie II (Stat-2) Partie 07 : méthodologie et plans d'expérience* ». Diaporama de cours fournit par Claudia Teran-Escobar
- « Retour d'expérience des inondations du 14 au 17 octobre 2018 dans l'Aude Rapport CGEDD n° 012561-01, IGA n° 18105-RP établi en 2019.par Hugues Ayphassorho et Gilles Pipien (CGEDD) Isabelle Guion De Meritens et Dominique Lacroix (IGA) ».
- Rege Colet Nicole, N. Younès, Detroz, P. & Sylvestre, E. 2013. *La dynamique paradoxale de l'évaluation de l'enseignement par les étudiants*. Dans : Marc Romainville éd., Évaluation et enseignement supérieur (pp. 107-126). Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur.
<https://doi.org/10.3917/dbu.romai.2013.01.0107>
- Ruin, Isabelle et al. 2014. « Social and Hydrological Responses to Extreme Precipitations: An Interdisciplinary Strategy for Postflood Investigation ». *Weather, Climate, and Society* 6(1): 135-53.
- . 2020. « *Mobilités quotidiennes et crues éclair : Une rencontre à haut risque !* » HDR Université Grenoble Alpes, Environnement et Société. 186p.
- . 2022. « *Combiner jeu de rôle coopératif et simulation numérique des comportements de protection dans les exercices de gestion de crise inondation* ». 4p.
- Sauvagnargues, De Sophie. 2019. *Prise de décision en situation de crise : Recherche et innovations pour une formation optimale* ISTE Editions Ltd. London. Collection systèmes d'information, web et société
- Solinska-Nowak, Aleksandra et al. 2018. « An Overview of Serious Games for Disaster Risk Management – Prospects and Limitations for Informing Actions to Arrest Increasing Risk ». *International Journal of Disaster Risk Reduction* 31: 1013-29.
- Terti, Galateia et al. 2019. « ANYCaRE: A Role-Playing Game to Investigate Crisis Decision-Making and Communication Challenges in Weather-Related Hazards ». *Natural Hazards and Earth System Sciences* 19(3) 507-33.
- Tshibangu, Aurélie, Nicolas Becu, Anne-caroline Prévot, et Sylvie Houte. 2018. « « L'éducation relative à l'environnement pour stimuler différents niveaux d'engagement environnemental : le cas du dispositif Mon Village Espace de Biodiversité » ». *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* 18(3). <http://journals.openedition.org/vertigo/23509>.
- Vygotski, L. S. 1978. *Mind in society*. Cambridge, MA: *Harvard University Press*.
- Weyrich, Philippe, Isabelle Ruin, Galateia Terti, et Anna Scolobig. 2021. « Using Serious Games to Evaluate the Potential of Social Media Information in Early Warning Disaster Management ». *International Journal of Disaster Risk Reduction* 56 : 102053.

Liste des figures

Figure 1. Modélisation du projet PICS	1
Figure 2. Les chaines de prévision testées	2
Figure 3 : Schéma synthétique des étapes nécessaires à la réalisation du protocole d'évaluation	3
Figure 4 : Les différentes classifications des types d'apprentissage proposé par les auteurs Jean Piaget et Gérard Barnier.	4
Figure 5. Modélisation du processus de création d'un jeu sérieux d'après le modèle DICE (Djaouti, 2011)	5
Figure 6. Schéma général du concept de l'espace potentiel d'apprentissage à partir de la conception d'un jeu sérieux.	9
Figure 7 : Classification des outils de formation en gestion de crise tiré de l'ouvrage « Prise de décision en situation de crise » d'après les travaux menés par Frealle (2018)	10
Figure 8. Modélisation du double intérêt du jeu PICSCaRE. Le jeu comme produit et objet de la recherche	12
Figure 9 : Les trois cycles emboîtés de la gestion globale des risques naturels (Leone et Vinet 2017).	13
Figure 10 : Processus itératif d'élaboration du simulateur de gestion adapté aux citoyens. D'après les Travaux de Frealle (2018)	17
Figure 11 : Protocole de suivi-évaluation du dispositif LittoSim d'après Amelie Monfort 2019 (inspiré d'Hassenforder et al 2016)	18
Figure 12 : Grille multicritères pour la caractérisation et l'évaluation des jeux sérieux en gestion de crises proposé par Damien Djaouti (Daoudi et al. 2019)	19
Figure 13 : Les 17 missions associées aux 3 axes stratégiques d'une cellule de crise (Lapierre 2016)	19
Figure 14 : Grille d'évaluation des jeux sérieux scientifiques d'après (Liu, Gossa, et Schmoll 2021) inspiré des travaux de Rege Colet et al (2013)	20
Figure 15 : Des données à l'évaluation. Tiré de la thèse de M'hammed Ali Oulhaci (2014)	21
Figure 16 : Produits d'Informations et introduction au territoire du Jeu PICSCaRE	23
Figure 17 : Proposition d'améliorations pour la suite du projet.	24
Figure 18 : Les étapes du déroulement d'une session du jeu PICSCaRE. Réalisé à partir de la présentation du jeu (Terti et al. 2019).	25
Figure 19 : Les étapes du processus itératif ayant permis le développement du jeu ANYCaRE dans sa version PICSCaRE combiné au protocole d'évaluation expérimental.	26
Figure 20 : Description de la méthode pour caractériser les contextes	29
Figure 21 : Modélisation de la combinaison des variables en vue de l'analyse multi-niveau	29

Liste des Tables

Tableau 1 : Inventaire comparatif des outils de formation à la gestion de crises 14

Tableau 2 : Le développement des outils afin de créer les indicateurs permettant de caractériser les variables à expliquer..... 28

Table des matières

Résumé.....	i
Remerciements.....	ii
Sommaire	iii
Sigles et acronymes.....	iv
Introduction	1
1. Les “jeux-sérieux” : quel potentiel pour l’apprentissage, la recherche et le dialogue sciences-société ?	4
1.1 Les origines des jeux-sérieux comme moteur pour l’apprentissage : définitions et conception	4
1.2 Les grandes formes d’apprentissages mobilisées au travers des activités ludo-participatives.....	7
2. L’usage des simulations ludo-participatives pour la gestion de crise et les dispositifs d’évaluation associés	9
2.1 La conception et l’usage de jeux pour la formation à la gestion de crise.....	9
2.2 La gestion de crise : définitions, enjeux et besoins de formation quel est l’intérêt des exercices de gestion de crise pour la formation des acteurs ?	12
3 Trois approches illustrant la diversité des protocoles mis en place pour évaluer les dispositifs participatifs de formation à la gestion de crise	16
3.1 Le processus Itératif : évaluer l’outil en vue de son amélioration.....	17
3.2 Les grilles d’analyses : pour caractériser et évaluer les sessions.....	17
4 Méthodologie : Pour l’adaptation et l’évaluation du jeu ANYCaRE dans sa version PICSCaRE	21
4.1 L’adaptation d’ANYCaRE dans sa version PICSCaRE : un projet collaboratif.	21
4.2 La mise en place du protocole expérimental pour évaluer les effets du jeu et l’intérêt des informations probabilistes.	24
5 Premiers résultats.....	26
Conclusion.....	30
Références bibliographiques	33
Liste des figures	37
Liste des Tables	38

Annexes

Les annexes en **GRAS** sont présentes à la fin de ce document. Les annexes en *italiques* sont envoyées dans un dossier joint avec le mémoire.

Annexe 1 : Calendrier des objectifs et des tâches réalisées

Annexe 2 : Modélisation des comportements dans le jeu sérieux Extrait de la Présentation en réunion « Scientific Anonymous » 25/04 à l'IGE

Annexe 3 : Modélisation du cycle expérimentale de Kolb (1984) appliqué à la simulation ludo-participative du jeu PICSCaRE

Annexe 4 : Exemple de questionnaire post-simulation fournis par Éric Piatyszek dans le cadre du jeu CitinCrise

Annexe 5 : Exemple de questionnaire « Retours sur l'exercice Tunnel du Chambon »

Annexe 6 : Support pour la réalisation d'entretien semis-dirigés _ Commenté par rapport aux retours d'expériences et aux avancées dans la méthodologie

Annexe 7 : Rédaction de l'appel à communication pour la participation aux journées GAMAE à Clermont-Ferrand basé sur la mise en place du protocole d'évaluation expérimental

Annexe 8 : Rédaction de l'appel à communication pour la participation aux conférences Jeux & Enjeux à Lille, organisé par Nicolas Bécu. Cet article est basé sur la simulation multi-agent qui doit être intégré prochainement à PICSCaRE.

Annexe 9 : Matériel du jeu PICSCaRE :

- *9.1 Présentation générale*
- *9.2 Présentations spécifiques aux rôles*
- *9.3 Fiche de décisions*

Annexe 10 : Matériel technique du jeu PICSCaRE

- *10.1 Fiche Simulation*
- *10.2 Guide Animation*
- *10.3 Grilles d'observations (ponctuel et chronologiques)*
- *10.4 Questionnaires Pré-post session*

Annexe 11 : Support de présentation utilisés lors des journées GAMAE

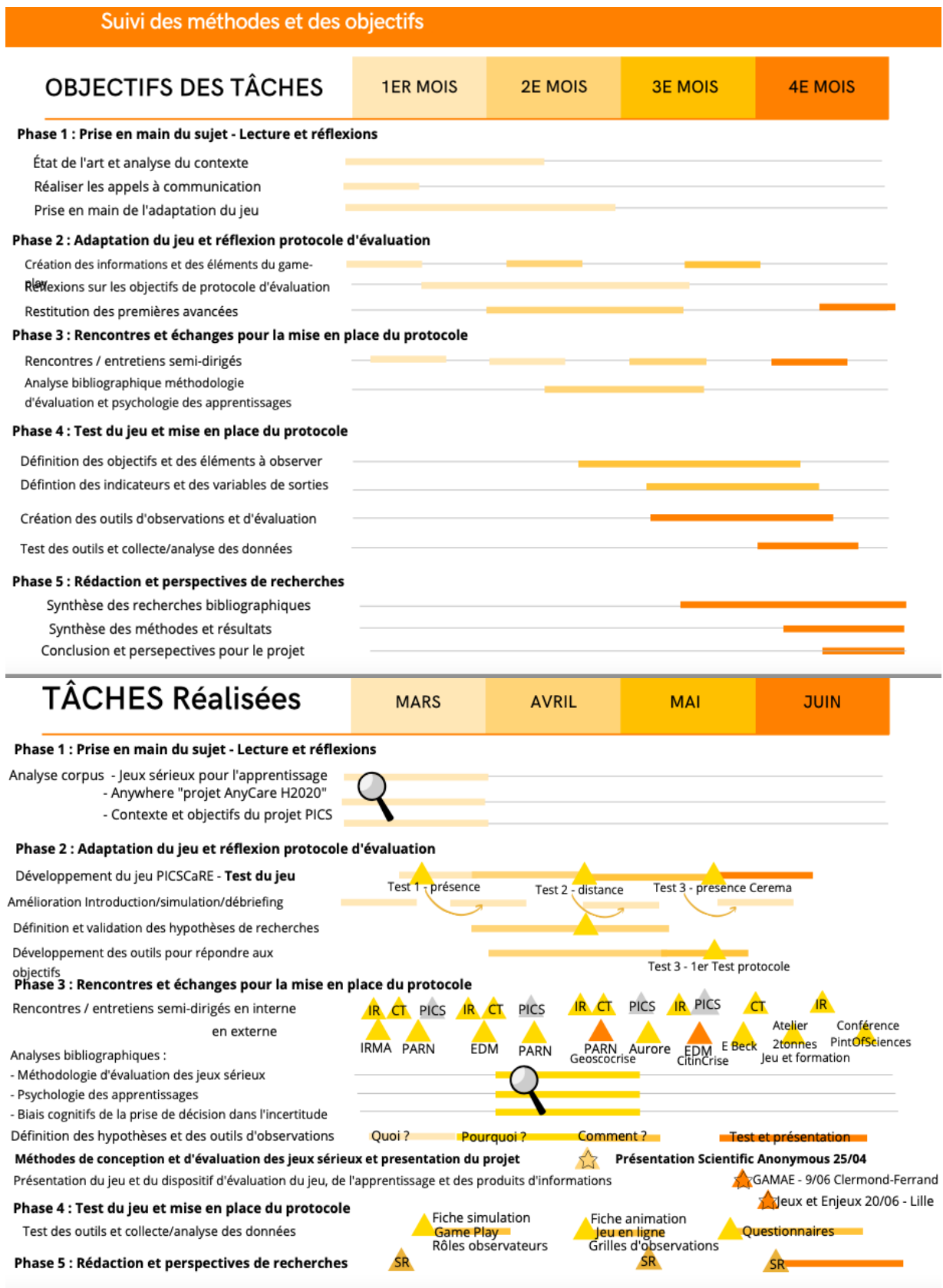
Annexe 12 : Diaporama de présentation des résultats du test du jeu sur le groupe usagers PICS. Ce support a été réaliser avec Isabelle Ruin à Aix-en-Provence.

Annexe 13 : Tableau des variables du protocole d'évaluation du jeu PICSCaRE

Annexe 14 : Fichier brut servant à l'analyse des données récoltés au travers les différents outils. La suite du stage permettra une formalisation et une reclassification de ces données en vue d'une analyse multi-niveau

Annexe 15 : La formalisation des modifications à faire dans la suite de la mission

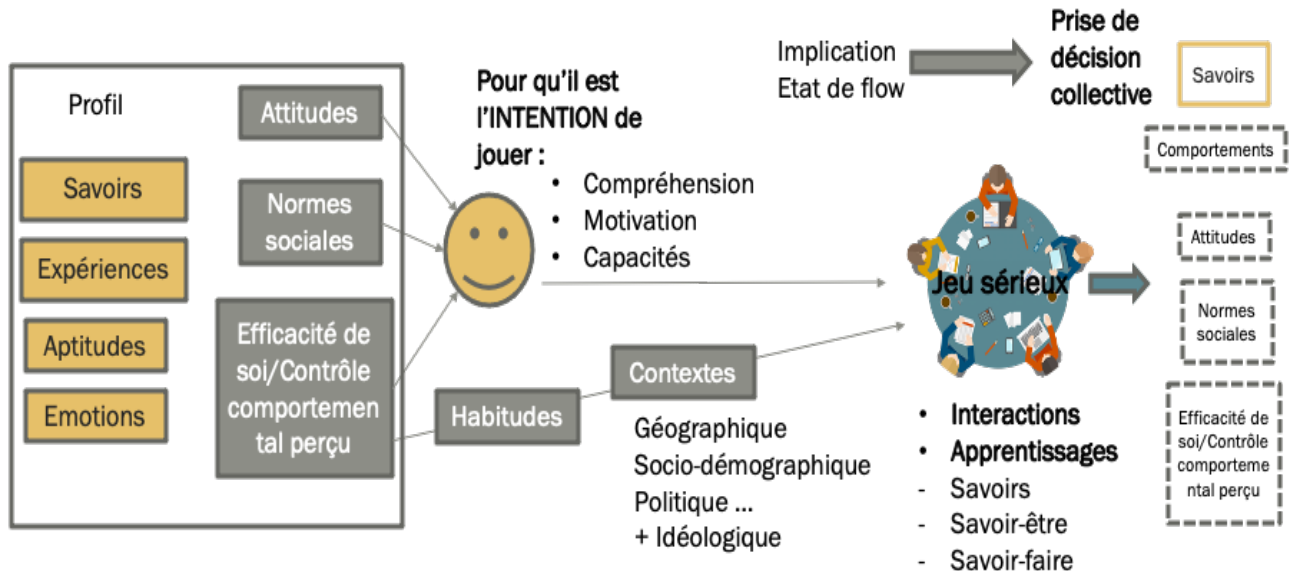
Annexe 1 : Calendrier des objectifs et des tâches réalisées



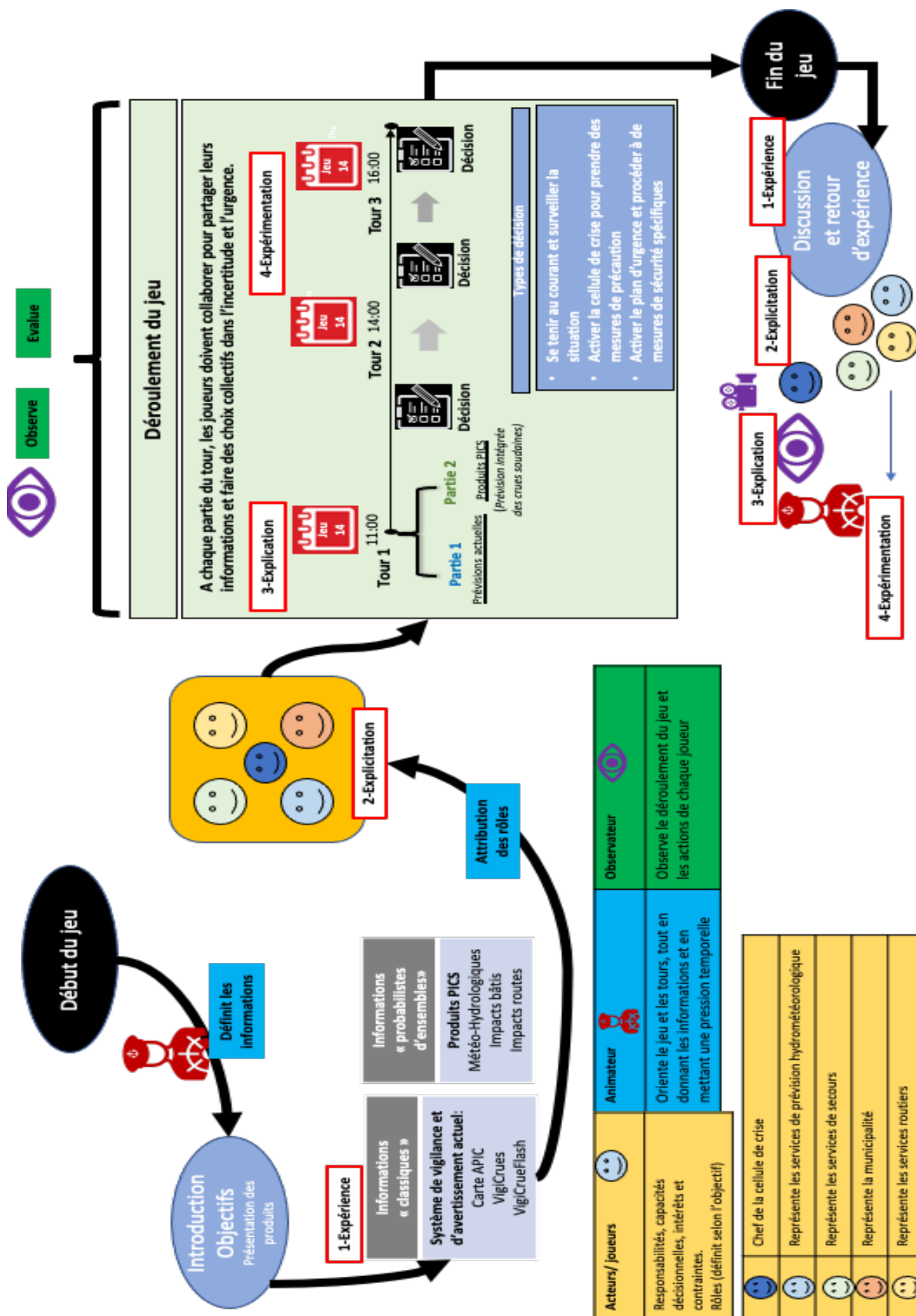
Extrait de l'Annexe 2 : Présentation à mi-parcours Scientifc Anonymous

Les facteurs d'influences de l'évolution des comportements dans les jeux-sérieux collaboratifs.

D'après la présentation de Claudia T-E présenté en réunion d'équipe basé sur les travaux de Ajzen (Ajzen 1991, 2002)



Annexe 3 : Modélisation du cycle expérimentale de Kolb (1984) appliqué à la simulation ludo-participative du jeu PICSCaRE



Dans le dossier ANNEXES, vous trouverez :

Annexe 4 : Enquête post-session CitinCrise »

Annexe 5 : Questionnaire Retour sur l'exercice GéoscoCrise « tunnel du Chambon »

Annexe 6 : Collaboration en vue d'entretiens semi-dirigés sur public cible de CitinCrise

Annexe 7 : Réponse à l'appel à communication GAMAE (Clermont-Ferrand)

Annexe 8 : Réponse à l'appel à communication Jeux & Enjeux (Lille)

Annexe 9 : Matériel du jeu PICSCaRE

- *Présentation générale*
- *Présentation spécifique aux rôles*
- *Fiche de décision*

Annexe 10 : Matériel technique du jeu PICSCaRE

- *Fiche Simulation*
- *Guide Animation*
- *Grilles d'observations (ponctuel et chronologiques)*
- *Questionnaires Pré-post session*

Annexe 11 : : Diaporama de présentation aux journées GAMAE

Annexe 12 : Diaporama de restitution du projet PICS présente le 18/05 au Cerema

Annexe 14 : Tableau brute des données récoltes en vue de l'analyse multi-niveau

Annexe 13 : Tableau des variables du protocole d'évaluation du jeu PICSCaRE

Problématiques	Objectifs	Objectifs Ciblés	Variables	Outils	Indicateurs
1 : Apport des prévisions probabilistes	Évaluer les produits d'informations sur la gestion de l'incertitude	Évaluer l'apport des produits PICS sur la prise de décision Suffisantes/Utiles/Confiance	Collectives	Fiche de décision Débriefing	Comparaison P1/P2 Evaluation collective Suffisantes/Utiles/Confiance Retour d'expérience « produits »
	Évaluer les produits d'informations sur la gestion de l'incertitude	Évaluer l'apport des produits PICS sur la prise de décision collective Intérêt/Utilité	Individuelles	Questionnaires	Analyse de l'évolution individuelle S1/S2
2 : Avantages de l'usage d'une expérimentation ludique	Comparaison des sessions	Caractériser le contexte et les objectifs	Contexte Jeu	Fiche simulation	Support/Temporalité Animateur/Modularité
	Caractériser la dynamique des sessions	Caractériser et quantifier les interactions Analyser les préoccupation/émotions	Collectives	Grilles d'observation	Interactions par tour/partie Émotions/préoccupations/tour/partie
	Qualification de l'expérience	Analyser ce qui a le plus marqué le joueur	Individuelles	Questionnaires	Question « 3 mots »
3 : Effets du jeu sur l'apprentissage et l'évolution des comportements	Évaluer l'efficacité du jeu par rapport aux objectifs	Évaluer les effets du jeu sur les savoirs faire de la gestion de crise	Contexte Jeu Individuelles	Fiche simulation Questionnaires	Objectifs / Conditions Niveau d'expertise Question « Mots clefs » Question « Attentes »
	Voir l'évolution de l'efficacité de soi	Analyser la capacité de comprendre et l'utiliser les informations probabilistes en gestion de crises	Individuelles Collectives	Questionnaire Débriefing	Compréhension/appropriation S1/S2 Retour d'expérience « jeu »

Annexe 15 : La formalisation des modifications à faire dans la suite de la mission



Prédiction Immédiate Intégrée
des Impacts des Crues Soudaines



PICSCARE

Une expérience de gestion de crise face au risque d'inondation

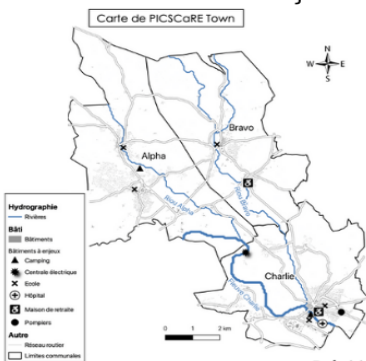
Un jeu de rôle simulant
la prise de décision face aux événements
météorologiques extrêmes

Peut se jouer en ligne ou en présence
Version adaptable selon le public visé

Informations de base :

Règles et scénarios:

Le territoire et ses enjeux



Prévisionnistes
(Hydro-météorologistes)

Représentants des élus

Rôles/2 à 3 personnes
Collaboration et interactions
pour la prise de décision

Temps limités entre chaque tour

Tour 1

Début de la partie

11:00

Tour 2

14:00

Tour 3

16:00

17:00

Partie 1 :
observations et
prévisions
actuellement
disponibles

→ Décision

Partie 2 :
produits PICS

→ Décision
modifiée?

Informations disponibles / rôles / partie



en charge de remplir / partie :
la Fiche de décision
& le Communiqué de presse

Les modifications à faire/ Améliorations suite au test utilisateur :

- Améliorer les présentations / rôles :
Contraintes- incarnation - remontées de terrain plus réalistes => TOUT SUR UN PAGE
Plus spécifiquement :
Ajouter des informations sur les moyens et ressources disponibles
Listes des personnes vulnérables
Listes des hébergements dans les communes voisines avec capacité d'accueil
- Améliorer la jouabilité
- Sémiologie des cartes + Chronomètre (Alarme)
indications plus précises pour remplir la Fiche de décision
- Améliorer la présentation principale
Mettre les "bonnes" décisions à chaque tour
Ajouter des éléments de storytelling notamment "station de mesure hydrologique en panne"
- Ajouter des informations sur les enjeux (étage, densité de personnes)
- Améliorer les informations de la PI - bulletin meteo-hydro plus complet
- Développer le plateau+ spatialisation des décisions

Annexe 15 : (Suite) La formalisation des outils

   	PICSCARE Une expérience de gestion de crise face au risque d'inondation Un jeu de rôle simulant la prise de décision face aux événements météorologiques extrêmes
Protocole d'évaluation expérimentale	
Outils	Indicateurs
Fiche simulation Caractéristiques sessions : techniques et environnementales	Caractéristique du jeu Nb de joueurs/Date et lieu (fictive) Support de jeu : Numérique/physique Temporalité: Temps d Intro/debriefing Durée simulation: Durée réel/Durée fictive Caractéristique de la session Date et lieu (reel) Contexte d'apprentissage Savoirs et Compétences techniques Objectifs pédagogiques : Sensibilisation/formation Publics visés : Experts/grand public Type de crise : Inondation soudaine
Guide de l'animation	Discours Introduction-Debriefing Suivi chronologique de la session Elements de réponse en cas de questions
Grilles d'observations En fonction du développement du jeu 2 rôles distincts	Evaluer la prise de decision Densité des échanges et le niveau de débats Savoir si les préoccupations (routes, bâtis ou personnes) Nombre d'intervention de l'animateur Variables collectives : ce qui a bien marché Ce qu'il faut améliorer Evaluation des produits d'informations
Fiche de décision Recueil des traces	Evolution de la décision entre P1 et P2 Note attribuée à La confiance et l'intérêt/suffisance des informations fournies
Pour la version Grand Public	Pour la version Expert
Questionnaire _GP avant la simulation Roles Attentes Mots clefs Potentiels PICS Compréhension Intérêt utilité Questionnaire _GP après la simulation Questionnaire _GP quelques mois après la simulation	Questionnaire _ex avant la simulation Roles Attentes Mots clefs Potentiels PICS Compréhension Interet utilité Questionnaire _ex après la simulation Questionnaire _ex quelques mois après la simulation