



HAL
open science

Les courants d'influence et la pratique de la simulation participative : contours, design et contributions aux changements sociétaux et organisationnels dans les territoires

Nicolas Becu

► To cite this version:

Nicolas Becu. Les courants d'influence et la pratique de la simulation participative : contours, design et contributions aux changements sociétaux et organisationnels dans les territoires. Géographie. La Rochelle Université, 2020. tel-02515352

HAL Id: tel-02515352

<https://hal.science/tel-02515352v1>

Submitted on 23 Mar 2020

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.

Les courants d'influence et la pratique de la simulation participative : contours, design et contributions aux changements sociétaux et organisationnels dans les territoires

Nicolas Becu

► **To cite this version:**

Nicolas Becu. Les courants d'influence et la pratique de la simulation participative : contours, design et contributions aux changements sociétaux et organisationnels dans les territoires. Géographie. La Rochelle Université, 2020. tel-02515352

HAL Id: tel-02515352

<https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-02515352>

Submitted on 23 Mar 2020

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.



LA ROCHELLE UNIVERSITÉ

Spécialité : Géographie physique, humaine,
économique et régionale

HABILITATION À DIRIGER DES RECHERCHES

**Les courants d'influence et la pratique de la
simulation participative : Contours, design et contributions
aux changements sociétaux et organisationnels dans les territoires**

Nicolas Becu

Soutenue le 19 février 2020 devant le jury composé de :

Patrick d'Aquino	Chercheur, CIRAD
Arnaud Banos	Directeur de recherche, CNRS
David Crookall	Professeur Invité, Université Nice Sophia-Antipolis
Virginie Duvat-Magnan	Professeur, La Rochelle Université
Françoise Gourmelon	Directrice de recherche, CNRS

Résumé

La simulation participative est une simulation dont le déroulement est contrôlé par un groupe de personnes qui, en fonction d'un ensemble de règles, sont amenées à interagir librement pour répondre à différents objectifs. Elle est utilisée à des fins de concertation, d'apprentissage ou d'appui à l'action collective. Appliquée aux enjeux de transformation des territoires, elle permet à des acteurs de débattre des différentes évolutions possibles et d'appréhender les changements sociétaux et organisationnels à venir.

La première partie des travaux présentés croise les différents courants d'influences de la simulation participative : le domaine du *simulation and gaming* dont l'essor se produit aux États Unis dans les années 1960-1970, l'école française des sciences du jeu dont les premiers écrits datent des années soixante, la pratique de la modélisation d'accompagnement qui a débuté en France à partir de 1996, et l'usage des jeux sérieux dont l'engouement date des années 2000.

La seconde partie entre dans la mécanique de la simulation participative, décrit sa structure, les mécaniques de jeu associées et les différentes configurations possibles de l'artefact de simulation. Elle présente également ses effets d'apprentissage et de médiation, les modalités de l'évaluation des dispositifs, ainsi que l'articulation de son déploiement dans les territoires d'applications.

Les travaux présentés concluent sur les défis à relever tant en terme de conception de dispositifs de simulation participative que de renouvellement des pratiques dans le contexte de la transition sociale et écologique.

Mots clés : simulation, dispositif participatif, jeu, territoire, design, changement social

Table des matières

1. Introduction.....	1
<u>Partie I</u> : Les courants d'influence de la simulation participative.....	6
2. Le domaine du <i>simulation and gaming</i>	7
2.1. Les origines du <i>simulation and gaming</i>	7
2.2. Croisement avec les systèmes dynamiques	11
2.2.1. De la saga « The limits to growth »... ..	11
2.2.2. ... à l'usage du jeu comme moyen de communication.....	13
2.3. Entre jeu et simulation informatique : une diversité de configurations.....	15
2.4. Épistémologie du <i>simulation and gaming</i> selon Klabbers	19
2.5. Le débriefing.....	22
2.5.1. Le rôle du débriefing	22
2.5.2. La structure du débriefing	23
2.5.3. Les différentes façons de conduire le débriefing.....	26
2.6. Diversité des pratiques et singularité du <i>simulation and gaming</i>	27
3. Le jeu	31
3.1. Qu'est-ce que le jeu ?.....	32
3.2. L'attitude ludique, la situation ludique, l'activité ludique	35
3.3. Le pouvoir d'agir dans un jeu	36
3.4. L'indice de ludicité	38
3.5. Les mécaniques de jeu	40
3.5.1. Le modèle des Briques Gameplay.....	40
3.5.2. Classification des mécaniques de jeu dans les jeux de société	42
3.6. Les éléments de jeu	44
3.7. La culture ludique	46
4. Les jeux sérieux.....	47
4.1. Les origines, les contours et le principe des jeux sérieux	47
4.1.1. Origines et contours.....	47
4.1.2. Immersion et plaisir ludique : des principes de base.....	49
4.2. Différents types et intentions de jeux sérieux.....	51
4.2.1. L'intention des jeux sérieux.....	51
4.2.2. Différents formats de jeux sérieux à but éducatif	52
4.2.2.1. Du jeu sérieux mono-joueur en ligne aux plateformes professionnelles grand format ...	52
4.2.2.2. Le cas des jeux sérieux multi-joueurs pour l'apprentissage social	56
4.2.3. Le cas du <i>serious gaming</i> en géographie.....	57

4.3. L'apprentissage dans les jeux sérieux	58
4.3.1. L'efficacité du jeu sérieux par rapport à une formation classique	58
4.3.2. Les différents types d'apprentissage étudiés dans les jeux sérieux	59
4.3.2.1. Les premiers travaux centrés autour des apprentissages cognitifs	59
4.3.2.2. De l'apprentissage cognitif à l'acquisition de compétences et de <i>soft skills</i>	60
4.3.3. Le tableau de bord : un mécanisme favorisant un apprentissage réflexif	63
4.4. L'engagement	64
4.4.1. Le concept d'engagement	64
4.4.2. Mécanismes de l'engagement et sentiment d'évasion	65
4.4.3. Les mécanismes favorisant l'engagement des joueurs.....	66
4.5. L'engouement pour les jeux sérieux	68
5. La modélisation d'accompagnement.....	69
5.1. Aperçu des principes de la modélisation d'accompagnement.....	69
5.1.1. Les origines	69
5.1.2. La modélisation pour appréhender les systèmes complexes.....	71
5.1.3. La modélisation comme processus d'apprentissage	74
5.1.4. Une démarche rythmant le processus de modélisation	75
5.1.5. Le partage de connaissances et de points de vue au sein d'un collectif.....	76
5.2. La modélisation d'accompagnement en appui aux acteurs d'un territoire	78
5.2.1. Une démarche participative visant l'action collective et l'épanouissement.....	78
5.2.2. Articulation entre le processus et le territoire	80
5.2.2.1. Premier concept : le processus d'accompagnement et le territoire co-évoluent	80
5.2.2.2. Deuxième concept : distinguer effets du processus et impacts sur les institutions	81
5.2.2.3. Troisième concept : deux niveaux de design, In-the-Small et In-the-Large	82
5.2.2.4. Quatrième concept : L'arène d'actions au sein de son contexte social	83
5.2.2.5. Conceptualisation d'ensemble de l'articulation entre le processus et le territoire	84
5.3. Design-In-the-Small de ComMod.....	85
5.3.1. Outils et méthodes mobilisés en modélisation d'accompagnement.....	86
5.3.1.1. Représentation par les systèmes multi-agents, point de vue et rôle	86
5.3.1.2. Opérationnaliser les systèmes multi-agents sous forme d'un jeu ou d'une simulation ...	88
5.3.1.3. Analyse comparée des jeux et simulations	90
5.3.1.4. Combinaison des jeux et simulation	91
5.3.1.5. Co-construire : une démarche itérative de développement	94
5.3.2. L'objet intermédiaire : traverser les barrières métiers, décloisonner	95
5.4. Design-In-the-Large de ComMod.....	97
5.4.1. L'intégration dans le territoire.....	97
5.4.1.1. Enseignements de travaux sur les démarches participatives.....	97
5.4.1.2. Enseignements des travaux sur l'insertion des processus de modélisation d'accompagnement dans les processus décisionnels	99
5.4.2. Prise en compte des relations de pouvoir et des inégalités.....	105
5.5. La problématique du dégageant.....	109

<u>Partie II</u> : Recherche et pratique de la simulation participative	114
6. La pratique de la simulation participative aujourd’hui : contours, intentions, structure et mécaniques de jeu.....	115
6.1. Les contours de la pratique	116
6.2. Les déclinaisons de l’intention participative	118
6.2.1. L’apprentissage à une communication complexe	118
6.2.2. Penser le territoire dans sa complexité.....	119
6.2.3. Accompagner de l’action collective	121
6.3. Structure / méta-modèle	122
6.3.1. Structure de l’environnement d’interactions	122
6.3.2. Débriefing et organisation des temps d’interactions.....	123
6.3.3. Caractéristiques de l’environnement d’interactions et impacts sur le design	125
6.3.4. Sémantique.....	127
6.3.5. Mécaniques de jeu	128
6.3.5.1. Classification des mécaniques de jeu de la simulation participative	129
7. Analyse des effets de la simulation participative	131
7.1. Les effets d’apprentissage.....	132
7.1.1. Le mécanisme de l’apprentissage expérientiel et social	132
7.1.2. Les effets d’apprentissage recensés dans la littérature.....	134
7.1.2.1. Travaux des praticiens de la modélisation d’accompagnement.....	134
7.1.2.2. Travaux issus du domaine du <i>simulation and gaming</i>	136
7.1.2.3. Synthèse des apprentissages recensés dans la littérature sur le jeu sérieux.....	139
7.1.2.4. Les apprentissages politiques	140
7.1.3. Classification des effets d’apprentissage pour la pratique de la simulation participative...	140
7.2. Les effets de médiation : l’objet-frontière en action	143
7.3. Expérimenter le changement : changer de cadre, changer les modes d’interactions	146
7.3.1. Le changement selon les trois boucles d’apprentissage	146
7.3.2. L’action collective : une forme de changement institutionnel	147
7.3.3. Les stratégies des joueurs pour expérimenter l’action collective	148
7.3.4. Les temps du changement dans la pratique de la simulation participative.....	150
7.3.5. Le changement transformationnel	152
8. Analyse du design : du dispositif à son déploiement sur le territoire	153
8.1. Évaluation du design de l’artefact	154
8.1.1. Les différentes configurations de l’artefact de simulation.....	154
8.1.2. Effet du réalisme, généricité et mode d’intégration des connaissances	155
8.1.2.1. Niveau de réalisme du modèle	156
8.1.2.2. Générique ou spécifique	159
8.1.2.3. Mode d’intégration des connaissances.....	160
8.1.3. Effet du mode de prise de décision	161
8.1.4. Effet des asymétries de rôles.....	163
8.1.5. Effet de l’usage de l’informatique dans un dispositif de simulation participative	167
8.1.5.1. Ergonomie des dispositifs de jeu : interfaces informatiques et éléments matériels.....	167
8.1.5.2. Incidences de l’informatique sur la conception et la mise en œuvre du dispositif	171

8.2. Déploiement du dispositif et articulation avec le territoire	174
8.2.1. L'intégration du dispositif dans le contexte d'application	175
8.2.2. Les évènements « perturbateurs » en cours de processus	179
8.2.3. Éléments de design permettant de renforcer les groupes vulnérables	181
9. Les défis de demain	184
9.1. Comment suivre et évaluer les apprentissages et les capacités/capabilités ?	184
9.1.1. Protocoles d'évaluation des apprentissages dans le cadre du gaming/simulation	185
9.1.1.1. Cadre général des protocoles d'évaluation et diversité des méthodes	185
9.1.1.2. Focus sur quelques aspects des protocoles et méthodes	187
9.1.1.3. Le modèle d'évaluation de la formation professionnelle de Kirkpatrick	189
9.1.1.4. L'évaluation pendant la simulation : une forme d'entraînement	192
9.1.2. Suivi/évaluation des démarches de planification participative	192
9.1.3. Vers des protocoles d'évaluation standardisés	195
9.2. Généricité, réutilisabilité, adaptabilité, modularité	197
9.2.1. Méthodes et plateformes génériques pour le développement de jeux sérieux	198
9.2.2. Généricité dans les démarches de modélisation d'accompagnement	200
9.2.3. Les « frame games » développés par les praticiens du <i>simulation and gaming</i>	204
9.2.4. Vers la modularité et l'adaptabilité	207
9.3. Après le dégageant, la question de l'engagement	209
9.3.1. L'engagement via le DIS	211
9.3.2. L'engagement via le DIL	212
9.4. Quel rôle dans les changements sociétaux et organisationnels des territoires ?	213
9.4.1. Accompagner les transitions	214
9.4.1.1. Les systèmes socio-écologiques	215
9.4.1.2. Applications des systèmes socio-écologiques	218
9.4.2. Quelle place dans les mutations de demain ?	219
9.4.2.1. État d'un monde de plus en plus scindé	219
9.4.2.2. Construire des futurs, dans le débat	221
Lexique	224
Bibliographie	232
Table des figures, tableaux et encarts	252
Annexes	254
Annexe 1. Construction de la classification des mécaniques de jeu de la simulation participative	254
Annexe 2. Définition des briques de mécanique de jeu utilisées en simulation participative	256

1. Introduction

La simulation participative correspond un usage particulier de la simulation, qui vise à travailler de manière participative avec des groupes de personnes sur la gouvernance d'enjeux complexes mêlant notamment des problématiques sociales et environnementales. Elle est utilisée dans des domaines aussi variés que l'aménagement du territoire, la gestion des ressources naturelles, l'urbanisme ou bien encore la gestion des risques. Cet ouvrage cherche à apporter un éclairage sur ce que la simulation participative recoupe aujourd'hui : sa pratique, son intention, ses caractéristiques, les recherches menées sur son design et son évaluation, ainsi que sur les différents courants qui influencent et imprègnent ses usages. L'ouvrage ambitionne également de faciliter les échanges entre les communautés de pratique très diverses et très dispersées de la simulation participative, en proposant des schémas, des cadres, des synthèses élaborés à partir du croisement de travaux issus de différents domaines.

Concrètement, nous trouvons aujourd'hui autour de nous une multitude de pratiques associées à l'utilisation du jeu et/ou à un usage participatif de simulations dans les programmes de recherche, dans les dispositifs participatifs mis en œuvre par les organismes publics et les collectivités, dans les ateliers collaboratifs réalisés par des acteurs privés ou dans les actions associatives.

Le réseau national d'éducation à l'environnement « Réseau École et Nature » développe et recense par exemple tout un ensemble de jeux qui s'adressent à des scolaires ou au grand public¹. Le but de ces jeux est de les sensibiliser à la protection de la biodiversité, ou encore d'expliquer les principes du développement durable ou encore de montrer l'intérêt des trames vertes et bleues (démarche visant à reconstituer des continuités écologiques terrestres et aquatiques). Les jeux proposés par ce réseau se présentent sous la forme de jeux de société, se jouant à plusieurs à l'aide de pions et de plateaux de jeu. Dans le domaine de l'éducation, Nowatera se présente quant à lui sous la forme d'un jeu en ligne se jouant seul². Il s'adresse aux élèves de l'enseignement secondaire. L'élève est plongé dans une aventure numérique et doit résoudre des énigmes environnementales liées au développement de colonies sur de nouvelles planètes habitées. Dans le domaine de l'entreprise, les *business games*, que l'on appelle également jeux d'entreprise ou simulations de gestion, se sont fortement développés au cours des quinze dernières années³. Dans ces jeux de formation, les participants sont regroupés en équipes concurrentes et doivent interagir avec différentes interfaces informatiques qui simulent un

¹ <http://reseaucoleetnature.org/category/type-de-ressource/jeu>

² <http://nowatera.be/game/>

³ Une recherche sur internet avec les mots clés « business, games, jeux, entreprise, simulations, gestion », permet de renvoyer vers les sites de professionnels qui présentent et proposent leurs jeux et simulations de gestion.

marché économique, une situation de management, ou des opérations d'affaires. L'équipe qui remplit le mieux les objectifs économiques et de gestion d'entreprise assignés remporte la partie. Ces jeux sont notamment utilisés dans les écoles de commerce et de gestion, pour mettre les étudiants en situation et stimuler leur esprit d'équipe et de compétition.

Dans les territoires, sur le terrain, la pratique du jeu se développe aussi. Il peut s'agir par exemple de discuter d'un projet de renouvellement urbain, avec le jeu « Défi sur la ville »⁴, mis en place par une municipalité pour faire découvrir aux habitants les transformations urbaines réalisées et les besoins auxquels elles répondaient. Le jeu se présente sous la forme d'une carte de la ville sur laquelle plusieurs joueurs, répartis en équipes, chacune ayant un rôle propre, positionnent des cubes de couleur représentant des infrastructures. Les joueurs manipulent les pièces selon un ensemble de règles définies par les créateurs du jeu. Le jeu est également utilisé comme outil en appui aux projets de budget participatif ou à d'autres formes de projets de démocratie locale (Lerner 2014). Ainsi, des « budget games » sont déployés dans plusieurs villes dans lesquelles des budgets participatifs sont mis en place⁵, pour favoriser la participation et l'engagement des citoyens. Le jeu se présente sous la forme d'un site en ligne sur lequel le joueur s'enregistre et où il doit allouer un budget fictif à différents services et travaux simulant les activités de sa ville. Des règles de jeu imposent le financement minimum de certains services. Ces jeux budgétaires aident à comprendre les mécanismes et les nuances du fonctionnement d'un budget public et visent à renforcer la confiance des citoyens vis-à-vis du processus de budget participatif (Reitano 2018). D'autres formes de jeu déployées auprès d'utilisateurs des territoires simulent des systèmes de gestion et d'exploitation des ressources naturelles. Par exemple, le jeu assisté par ordinateur « Kung Krabaen Bay »⁶ simule la dynamique de la population de crabes bleus de la baie de Kung Krabaen en Thaïlande et les prises de crabes en fonction des lieux de pêche et du nombre de casiers posés. Les joueurs sont répartis en équipes de pêche représentant différentes communes de la baie. À chaque tour, ils choisissent la zone dans laquelle ils positionnent leurs casiers, puis le simulateur calcule les prises personnelles, les prises par commune et le renouvellement des sous-populations de crabes bleus. Les données de pêche sont communiquées aux joueurs, puis un nouveau tour commence selon la même séquence. La succession des tours simule l'évolution de la densité de la ressource et la mise en place progressive, au travers du dialogue entre les joueurs, de règles de gestion visant une exploitation durable de la ressource. Le jeu a été utilisé par les parties prenantes de la gestion de cette pêcherie, les gestionnaires, les pêcheurs et les chercheurs ;

⁴ <https://revesurbains.fr/defi-sur-la-ville-un-jeu-pour-discuter-renouvellement-urbain-et-plus-si-affinites/>

⁵ Par exemple aux États-Unis, dans le Maryland (<http://www.participatedb.com/tools/115>), à la Nouvelle-Orléans (<https://neworleans.peoplesbudget.com>) dans la ville de San Jose (<https://www.innovationgames.com/budget-games-guide/>), ou bien encore en Pologne, à Lublin (<https://eeagrants.org/archive/2009-2014/projects/PL05-0074>).

⁶ <https://www.commod.org/etudes-de-cas/kung-krabaen-bay>

il visait à renforcer le dialogue entre ces acteurs et à les accompagner dans la définition de propositions de gestion concertées.

Ces différents exemples qui viennent d'être évoqués permettent d'appréhender la grande diversité des formats, des usages et des objectifs liés à l'emploi de ces jeux. Il peut s'agir d'un jeu reprenant les mécanismes des jeux de société, d'un jeu sérieux en ligne, d'un jeu éducatif, d'une simulation jouée, de modèles de simulation utilisés sous forme de jeux, d'une modélisation collaborative, d'une expérience interactive, etc. Tous ces formats reprennent le principe d'individus interagissant avec un système de règles, qui leur fournit des réponses en fonction des actions entreprises. Le joueur réalise des actions (qui sont le reflet de comportements identifiés dans la réalité observée) et le modèle associé au système de règles simule des réponses en fonction de ces actions. Dans ces dispositifs, jeu et simulation s'entremêlent. La diversité des formats est une grande richesse, car les permet de faire éclore de nouveaux modes d'application plus en adéquation avec les besoins de notre société actuelle. Les usages varient aussi. Certains sont utilisés pour la formation et l'acquisition de compétences, d'autres pour la mise en capacité de groupes d'acteurs par rapport à des choix de gestion.

Les concepteurs de ces dispositifs sont rassemblés en communautés de pratique (des groupements de recherche, des réseaux associatifs, des centres de développement, etc.) qui travaillent et développent chacune de leur côté de nouvelles formes de jeu et de simulation. Ces différents praticiens se côtoient, sans disposer forcément de nombreux espaces d'échanges pour confronter leurs pratiques. La manifestation « Jeux et Enjeux », que j'ai eu le plaisir d'initier en 2017, et dont la deuxième édition a eu lieu en 2019, est l'un de ces lieux de rencontre. Lors de ces rencontres, les praticiens se retrouvent pour présenter leurs travaux mais également leurs dispositifs et inviter les autres à y jouer. La diversité des façons de faire est grande ; la pluralité des objectifs et des intentions des dispositifs l'est également. Le but est-il de faire passer un message, d'aider à la décision, de faire connaître un modèle de simulation, d'encourager l'action collective ? Autant d'objectifs, pouvant être énoncés ou non, qui participent à un bouillonnement créatif, qui nous bouscule et peut être également déconcertant.

Ma propre pratique du jeu et de la simulation est elle-même le fruit de multiples influences : la modélisation d'accompagnement dans laquelle je me suis construit scientifiquement lors de ma thèse et des années qui ont suivi ; la simulation multi-agents appliquée aux phénomènes spatialisés que je pratique au contact de différents réseaux scientifiques ; le domaine du « *simulation and gaming* »⁷ que j'ai rencontré en 2014, lors de la conférence ISAGA qui célébrait alors son 45^{ème} anniversaire et qui a été un moment fort en émotions et en rencontres ; les travaux sur le jeu et le jeu sérieux qui sont

⁷ Dans cet ouvrage, j'utilise la terminologie anglaise « *simulation and gaming* » pour parler d'un courant de pratique et de recherche spécifique qui est longuement présenté au Chapitre §2. Le terme « *gaming* » étant difficilement traduisible en français (cf. Chapitre §3.1), je préfère garder la terminologie anglaise.

aujourd'hui si foisonnants et touchent des domaines de recherche scientifique extrêmement variés (éducation, informatique, psychologie, santé, etc.). Je nomme cette pratique du jeu et de la simulation « simulation participative », car les termes reflètent bien ces différents courants d'influence mais aussi l'intention qu'il y a dans la mise en œuvre de ce type de dispositif. En effet, le terme « participation » est entendu ici au sens de participation « active » (le Chapitre §5.2.1 reviendra sur ce concept) ; la simulation est au service des participants qui en partagent le contrôle dans le but de construire collectivement des éléments de réponse aux problèmes posés.

Aujourd'hui, la mise à plat de la pratique de la simulation participative m'apparaît utile, car la diversité des usages, des formats ou des concepts mobilisés peut parfois nous faire perdre de vue l'intention présente derrière le développement et l'usage de ces dispositifs. Le but de cet ouvrage n'est pas de « définir » une pratique, mais plutôt de clarifier ce que ce terme recoupe, quel est l'intérêt de recourir à la simulation participative et comment y recourir. Pour cela, il m'apparaît intéressant de retracer l'historique de différents courants d'influence et de cette pratique : le *simulation and gaming*, la modélisation d'accompagnement, le jeu sérieux, et d'autres.

Ce cheminement, du passé vers les usages actuels, cherche non pas à figer mais à croiser les concepts, les influences, les façons de faire, afin de ne pas se laisser enfermer dans une pratique, et de pouvoir dépasser les frontières des communautés de pratique et des disciplines. « *Societal changes demand educators to apply new pedagogical approaches* » (Nadolski et al. 2008). Cet ouvrage répond donc à un besoin de changer pour tenter de mieux répondre aux enjeux sociétaux actuels qui s'articulent en grande partie autour des transitions associés au changement global (changements climatique, environnemental, économiques et des modes de vie).

La première partie de cet ouvrage développe, en quatre chapitres, les courants d'influence de la simulation participative. J'y présente les travaux historiques, les concepts clés qui ont contribué à façonner les pratiques actuelles. Pour certains, je m'attarde à en analyser les travaux, à recouper les résultats et à proposer des synthèses. Si quelques-uns de ces travaux analysés sont issus de mes recherches, la plupart viennent d'autres équipes, d'autres praticiens. Ainsi, l'apport de ces différents chapitres ne réside pas dans de nouvelles connaissances, mais plutôt dans la remobilisation de connaissances déjà écrites pour les mettre en cohérence à l'aune des pratiques actuelles de la simulation participative. En outre, j'ai essayé d'apporter un soin particulier à remobiliser des connaissances écrites dans le passé mais qui ont pu être laissées de côté au fur et à mesure du renouveau des communautés de pratique et de recherche. Par exemple, les écrits du domaine du

simulation and gaming du XXe siècle sont parfois méconnus des communautés de pratique françaises⁸ ; c'est pourquoi le chapitre qui lui est consacré débutera par un historique de ce domaine.

À la suite de cette première partie, je présenterai un cadre compréhensif de la pratique et de la recherche actuelle sur la simulation participative. J'exposerai tout d'abord les contours de la pratique, ce qu'elle recoupe, ses intentions, ses méthodes et sa sémantique. Puis, je présenterai une analyse en deux temps. Le premier volet de l'analyse porte sur les effets attendus de la mise en œuvre de ces dispositifs auprès des acteurs des territoires. Le deuxième volet concerne la façon dont le design⁹ et les modes de mise en œuvre de ces dispositifs influencent les effets préalablement décrits. La recherche qui est présentée dans cette deuxième partie de l'ouvrage est donc ancrée dans les territoires, en lien étroit avec ses acteurs et les dynamiques sociales et institutionnelles. C'est également une recherche sur le design, c'est-à-dire une recherche expérimentale, qui consiste à analyser différentes configurations de dispositifs pour en évaluer les effets et en tirer des enseignements sur l'articulation des dispositifs de simulation participative avec les dynamiques en cours dans les territoires.

Le chapitre conclusif de l'ouvrage présente et analyse un certain nombre de défis posés à la recherche sur la simulation participative. Comment les enjeux sociétaux actuels de la transition écologique peuvent-ils amener à renouveler les usages de la simulation participative ? Comment poursuivre et affiner les recherches sur l'évaluation des apprentissages auprès des participants ? Quelles formes peut prendre une généralisation du design des dispositifs de simulation participative ?

En fin d'ouvrage, un lexique ainsi que les détails d'analyse de certaines parties de l'ouvrage sont présentés.

⁸ Une communauté de pratique est un groupe constitué de personnes partageant des façons de faire autour de méthodes, d'outils ou de démarches.

⁹ Le « design » d'un dispositif désigne le processus de conception du dispositif. Il renvoie aux choix de conception, à la structure et aux éléments du dispositif, qui tous participent à créer une identité propre au dispositif et à lui donner du sens.

Partie I : Les courants d'influence de la simulation participative (Chapitres 2 à 5)

La simulation participative telle qu'elle est pratiquée aujourd'hui est le fruit de plusieurs influences.

Elle trouve son origine dans les débuts de la pensée sur la complexité des années 1930, puis dans les débuts de l'informatique, vers 1950. Elle prend son essor notamment aux États-Unis¹⁰ autour d'un cercle de praticiens qui élaborent toute une réflexion sur notre capacité à traiter collectivement des problèmes complexes au travers d'artefacts de modèles de systèmes complexes, pouvant être manipulés, testés, simulés à la main. Le contact, le toucher, la manipulation en tant que vecteurs de notre façon d'appréhender la complexité sont au cœur de ces réflexions. La simulation participative se construit durant cette période en opposition, en quelque sorte, à la pratique calculatoire. Des années 1960 à 1980, le domaine du *simulation and gaming* prend de l'ampleur ; les travaux se poursuivent par la suite, continuant de nourrir le socle méthodologique de la pratique et du design des gaming/simulations. Ce premier courant d'influence fera l'objet du premier chapitre de cette partie.

Dans les années 1990, un courant venu de France mobilise la simulation participative. Il cherche à remettre de l'humain dans les modèles de simulation informatique (entretemps, la modélisation informatique a donné naissance aux systèmes multi-agents dont le formalisme permet des analogies entre les entités informatiques et le fonctionnement des sociétés humaines). Ce courant, la modélisation d'accompagnement, conceptualise et mobilise la confrontation d'une multiplicité de points de vue sur un système complexe, tantôt pour l'analyser, tantôt pour accompagner l'action collective. Il sera présenté dans le dernier chapitre de cette partie.

Entre le *simulation and gaming* et la modélisation d'accompagnement, d'autres influences ont contribué à façonner la pratique de la simulation participative. Il s'agit du jeu, d'une part, un cadre d'expression et de communication particulier pour des participants à une simulation participative. Ce cadre appelle une attitude particulière, l'attitude ludique, que je présenterai dans le deuxième chapitre de cette partie.

À la suite du chapitre sur le jeu, je présente un autre courant d'influence plus récent, celui des jeux sérieux. Cette pratique, issue de la rencontre entre la pédagogie et l'informatique, revisite le ludique et en particulier le vidéoludique pour lui donner une portée principalement éducative. Les jeux sérieux se sont rapidement développés après les années 2000, conjointement à l'omniprésence de l'informatique et d'internet dans nos sociétés. Ce développement des recherches sur les jeux sérieux

¹⁰ Les premiers travaux des années 1930 en Russie sur le *simulation and gaming* ne sont pas abordés dans cet ouvrage.

est également corolaire à celui des *game studies*. Les jeux sérieux ont également largement contribué à faire connaître et reconnaître les recherches sur le ludique dans la sphère scientifique, là où des approches comme la modélisation participative hésitent parfois à mettre en avant leurs inspirations issues des méthodes et des techniques de l'univers du jeu. L'essor des jeux sérieux se traduit également par l'arrivée de nouveaux acteurs œuvrant au développement des approches de simulations participatives. Cette fois, nombre de porteurs et de praticiens liés à ces démarches ne sont pas des chercheurs mais sont issus du milieu associatif et de l'éducation populaire. Le courant d'influence des jeux sérieux sera présenté dans le troisième chapitre de cette partie.

À l'issue de cette revue non-exhaustive de différents courants ayant influencé la simulation participative, je n'aurai pas détaillé, entre autres, l'influence de l'utilisation du jeu et de la maquette en architecture, en psychologie, en management ou bien encore dans les reconstitutions historiques, et n'aurai qu'à peine effleuré les nombreux travaux existants dans les autres courants de la modélisation participative¹¹, dans l'étude du jeu en milieu éducatif, ou bien encore dans les *game studies*. Toutefois, ce panorama aura permis de montrer la diversité des approches et de donner un sens commun à cette pluralité.

2. Le domaine du *simulation and gaming*

2.1. Les origines du *simulation and gaming*

Jan Klabbers explique, dans sa saga de l'*International Simulation and gaming Association* (2009a)¹², que les années 1960 et 1970, qui marquent l'apogée des Trente Glorieuses, ont connu une prolifération rapide de la pratique du jeu et de la simulation dans des domaines aussi variés que le management, les sciences sociales (notamment en économie, science politique, géographie et sociologie), la planification urbaine et territoriale, la gestion des ressources, la pédagogie, les relations internationales ou encore le domaine de la santé. Cet essor du jeu et de la simulation s'appuyait sur les avancées conceptuelles des « systèmes organisés » des années 1930 (qui donnent naissance dans les années 1970 au courant des systèmes complexes). Cette application des systèmes organisés se

¹¹ Le domaine de la modélisation participative comporte différents courants de pratique qui ont été présentés dans un article de 2010 (Voinov et Bousquet 2010). Parmi ces différents courants, on peut distinguer notamment celui de la modélisation d'accompagnement qui est amplement étudié dans le cadre de cet ouvrage, ainsi qu'un courant plus générique de conception collaborative de modèles environnementaux, qui rassemble des auteurs comme Alexey Voinov ou Steven Gray (Gray et al. 2016, 2018, Voinov et al. 2016). Ces différents courants ne se croisent qu'occasionnellement, comme par exemple dans le cadre de cet article (Gray et al. 2018). Dernièrement, le mémoire d'Anne van Bruggen a permis d'apporter un regard croisé sur ces différents courants au travers de la focale de l'utilisation de la co-construction de modèles pour produire un changement transformationnel (van Bruggen 2017). Son article de 2019 fait ressortir quatre approches distinctes de la modélisation participative appliquée au changement transformationnel, dont la modélisation d'accompagnement (van Bruggen et al. 2019).

¹² Plusieurs auteurs ont exposé l'histoire et les origines du simulation and gaming (Crookall 2000, 2012, Klabbers 2009a, Mayer 2009, Duke 2011). J'ai choisi de la présenter à partir de l'article de Klabbers « The Saga of ISAGA » de 2009.

produit notamment dans le domaine militaire au sein de la Rand Corporation, au cours de la Deuxième Guerre mondiale puis de la guerre froide¹³. Le but est alors de concevoir de nouvelles techniques d'« aide à la décision » en matière de stratégie. Les jeux de stratégie (bien antérieurs au XXe siècle), sont repensé pour inventer des « simulations jouées » à usage stratégique ou militaire¹⁴, s'appuyant sur des méthodes et des experts scientifiques (Preteceille 1974). Thomas Schelling, économiste américain spécialiste en politique étrangère et mécanismes de conflits, est recruté à la Rand Corporation en 1958. Il utilise pendant plusieurs années les méthodes du jeu pour étudier des problèmes théoriques (Schelling 1961). Ce n'est que plus tard qu'il se tourne vers des modèles de simulation, notamment le modèle dynamique de ségrégation (Schelling 1971), qui est devenu par la suite un modèle théorique de référence, en particulier dans le domaine de la géographie. À la fin des années 1950 et au début des années 1960, le domaine de la gestion et de l'organisation des affaires commence à développer les jeux d'entreprises (*business games*). L'un des premiers *business simulation game* est « Top management decision simulation », développé par l'American Management Association en 1956 (Ricciardi et al. 1957). L'usage des *business games* perdure jusqu'à aujourd'hui dans le monde de l'entreprise ; il est principalement utilisé comme instrument de formation auprès d'étudiants ou de cadres d'entreprise en formation continue¹⁵. Au début des années 1960, dans le domaine de l'éducation, toute une série de jeux et de simulations sont développés pour l'enseignement en classe (Stadsklev 1974). L'usage du jeu en pédagogie, auprès d'un public scolaire ou adulte, est un courant important de la pratique actuelle des jeux et simulations. Au cours des années 1960, Richard Duke développe de nombreuses « simulations jouées » (ou gaming/simulation en anglais¹⁶) pour l'aide à la décision. Les premières simulations jouées sont développées et utilisées dans le domaine de la planification urbaine, avec notamment le jeu Metropolis (Duke 1964), suivi par sa version informatisée Metro (Duke 1966). Ensuite, en 1970, une version appliquée à la ville de Lansing dans le Michigan, Metro-Apex, simule des problèmes de zonage, d'urbanisme, de développement économique et de pollution à partir d'un grand nombre de données mesurées. Elle permet aux joueurs de tester des changements en matière d'aménagement de la ville sur plusieurs années, en incarnant le rôle de planificateur, de politicien, d'industriel, de promoteur ou d'agent de contrôle de la pollution (dans une revue de littérature, Degnan (1972) décrit la conception et l'usage de Metro-Apex). Quelques années plus tard, Duke développe, en partenariat avec l'UNESCO, la simulation jouée HEX

¹³ Un texte traduit d'un article d'Igor Mayer est disponible en annexe. Il raconte le rôle qu'a joué la Rand corporation durant les années 1950s et 1960s dans l'émergence du domaine du Simulation and Gaming.

¹⁴ Les premiers jeux de stratégies militaires sont développés quelques années avant la Deuxième Guerre Mondial (Bracken 1977).

¹⁵ Voir par exemple le site français <http://www.simulationgestion.fr/> qui présente des jeux d'entreprise pour les niveaux Bac-2, licence, master et doctorat.

¹⁶ Un lexique des termes associés à la simulation participative est disponible en fin d'ouvrage. Son élaboration est présentée au Chapitre §6.3.3.

game (Duke 1976), qui traite de l'allocation des ressources à différentes échelles (locale, régionale, nationale) et des modes de régulation. La simulation est utilisée auprès des agents gouvernementaux de nombreux pays en développement, dans le cadre de formations d'appui à la gouvernance¹⁷. Poursuivant le même objectif, Allan Feldt conçoit en 1966 le jeu Community Land Use Game, ou CLUG (Feldt et al. 1972), qui sera présenté en France en 1970 par le Centre d'études et de recherches sur l'aménagement urbain (Cerau) comme un « exercice de simulation urbaine » (Dupuy 1970)¹⁸. Harold Guetzkow développe le jeu Inter-Nation Simulation (Guetzkow 1959), qui traite des relations internationales, et Garry Shirts développe StarPower en 1969¹⁹, qui traite de l'utilisation et de l'abus de pouvoir, du leadership, de la diversité et de la discrimination. William Gamson développe la première version de Simulated Society, ou SimSoc, en 1966²⁰, qui aborde les enjeux liés à l'inégalité économique, la justice et le pouvoir dans les organisations sociales. Les joueurs doivent y déployer des stratégies de coopération, des stratégies coercitives ou incitatives. Beaucoup d'autres ont suivi leurs traces dans les années 1970 et 1980, en diversifiant le champ d'activité vers de nouveaux domaines d'application.

Durant les années 1960-1970 qui correspondent à l'essor du *simulation and gaming*, les recherches étaient essentiellement orientées autour de la pratique et du design de simulations de systèmes à interactions complexes. Le premier numéro de la revue *Simulation & Games*, qui devient par la suite *Simulation & Gaming*, sort en mars 1970. Richard Duke et Allan Feldt organisent la première conférence ISAGA (*International Simulation and gaming Association*) en juin 1970 à Bonn, puis Duke écrit son livre *Gaming: The Future's Language* en 1974. Cet ouvrage deviendra une référence dans un domaine dont il pose les fondements. Il est consacré en grande partie à la conception et aux méthodes de développement et de mise en œuvre des jeux et simulations. Cette attention portée à la méthode plus qu'à la théorie, au processus plus qu'aux résultats, est récurrente dans les écrits de la discipline (Padioleau 1969, Preteceille 1974) et est toujours d'actualité. Malgré les nombreuses critiques à son égard (manque de fondement théorique, problème de validation, etc.), les pionniers de la discipline défendent son principe par le statut même de l'objet étudié. Duke présente les simulations jouées comme un nouveau mode de communication qui permet d'appréhender les systèmes. Pour être plus

¹⁷ Dick Duke (Dick est le diminutif de Richard dans les pays anglophones) continuera de développer de nombreux dispositifs de simulations jouées appliquées à l'accompagnement des politiques publiques. Il qualifie également ces dispositifs de *policy simulation*. Dans un article de 2011, Dick Duke retrace son itinéraire académique et les origines et l'évolution des *policy simulations*.

¹⁸ Au début des années 1970, plusieurs simulations jouées urbanistiques provenant des États Unis sont diffusées en France : CLUG, mais également Metro-Apex (Dupuy et al. 1972) ou bien encore la simulation Easy Builder (Chapoutot et Topalov 1972) considérée comme l'ancêtre de Sim City. Un ouvrage en fera la présentation et l'analyse (La Brunetière et al. 1972).

¹⁹ Garry Shirts est le fondateur de l'organisme « Simulation Training Systems » qui conçoit des programmes de formation à base de jeux. L'organisation a été fondée en 1970 et le jeu StarPower est le premier dispositif : <https://www.stsintl.net/schools-and-charities/products/starpower/>.

²⁰ La troisième version date de 1978 (Gamson et Stambaugh 1978) et le jeu en est à sa cinquième version.

précis, Duke ne parle pas de système mais de « gestalt », qu'il définit comme une structure ou une configuration de phénomènes physiques, biologiques ou psychologiques tellement intriqués qu'elle constitue une unité fonctionnelle dont les propriétés ne sont pas déductibles de la somme de ses parties. Le concept de « gestalt » partage des propriétés avec le concept moderne de système complexe, à la différence qu'il intègre pleinement le « facteur humain » dans sa définition de l'unité fonctionnelle. Par « facteur humain », Duke entend les aspects liés à l'affect, au ressenti, à l'irrationnel et à l'expérience sociale dans les interactions humaines. En posant le concept de « gestalt » au centre de l'édifice du domaine du *simulation and gaming*, les membres d'ISAGA cherchent à montrer que les systèmes sociaux à interactions complexes ne peuvent pas être modélisés de manière analytique. En cela, cette communauté se démarque de celle des systèmes dynamiques, qui prend son essor dans les années 1960 autour de Jay Forrester du MIT (Forrester 1958, 1971). En effet, cette dernière reprend les bases conceptuelles des systèmes organisés et partage pareillement l'objectif de constituer un outil pour appréhender la complexité des systèmes et communiquer autour de cette complexité. Cependant, les systèmes dynamiques visent à décrire de manière formelle le fonctionnement des systèmes, là où la communauté ISAGA estime que la seule façon d'appréhender le fonctionnement de ces systèmes est de jouer à une simulation, c'est-à-dire de la vivre avec son propre ressenti subjectif et d'en faire une expérience sociale. Dans cette conception, les systèmes ne sont pas prédictibles. Nous verrons par la suite qu'en cela, cette pratique de la simulation se rapproche de la science post-normale (Funtowicz et Ravetz 1993).

En France, Preteceille (1974) fait la critique de la simulation jouée, arguant qu'elle n'est pas une méthode scientifique car elle n'apporte pas de connaissances nouvelles et ne repose pas sur des concepts vérifiables et objectifs²¹ ; au contraire elle met en avant l'empirisme et le subjectif. Il indique dans son essai théorique et critique consacré à ce sujet que, pour étudier les jeux et les simulations, il ne faut pas chercher à analyser le jeu en lui-même, mais la pratique sociale du jeu, le temps du jeu où se mêlent les règles du jeu, les affects et les processus décisionnels au travers d'expériences sociales. Le jeu et ses procédures sont donc un prétexte à sa pratique sociale.

Dès les années 1960-1970, il est admis que « *les jeux permettraient l'apprentissage de la "pensée systémique" et constitueraient des méthodes actives, qui, par leur fascination, l'implication émotionnelle des joueurs, seraient supérieures à bien des égards aux méthodes traditionnelles, ne serait-ce qu'en associant pédagogie et divertissement* » (Preteceille 1974). En France comme à l'étranger, cette pratique des jeux et des simulations dans le cadre de la pédagogie active va se

²¹ Pendant longtemps, le jeu comme objet d'étude a été rejeté par la communauté scientifique, en particulier en France ; il fait encore aujourd'hui l'objet de nombreuses controverses (P. Schmoll 2011a). Cela n'empêche pas des universitaires français comme Claude Bourlès de développer dès la fin des années 1980 des jeux et simulations utilisés en pédagogie et en formation (Bourlès 1989).

répandre dans l'éducation, dans les entreprises sous forme de *business games* ou d'outils de team building et, dans une certaine mesure, dans le domaine militaire. Toutefois, ce développement florissant n'a pas eu l'ampleur de la croissance exponentielle que Richard Duke annonçait dans son livre *Gaming: The Future's Language* (Duke 1974), où il estimait que le jeu allait devenir en quelques décennies le média privilégié pour appréhender un monde de plus en plus complexe et intriqué.

2.2. Croisement avec les systèmes dynamiques

2.2.1. De la saga « The limits to growth »...

Parallèlement à l'essor des jeux et des simulations, les années 1960-1970 ont également été les années du développement en recherche appliquée des systèmes dynamiques, qui constituent certainement aujourd'hui la méthode la plus répandue en recherche analytique sur les systèmes complexes. Jay Forrester, inventeur des systèmes dynamiques dans les années 1950 (Forrester 1958) et fondateur du System Dynamics group du MIT dans les années 1960, fut invité en 1970 à participer à un séminaire du Club de Rome ayant lieu à Berne. À cette époque, Forrester venait tout juste de valoriser avec succès la première mise en application des systèmes dynamiques qui permettait de simuler le développement de la ville de Boston sur cinquante ans²². Le Club de Rome, qui est toujours actif aujourd'hui, était à l'époque un groupe informel de scientifiques, d'intellectuels, et de chefs d'entreprise – un *think tank* de l'époque –, fondé en 1968 par Aurelio Peccei, un industriel italien cherchant à apporter des réponses structurées de gouvernance et de management à un monde globalisé de plus en plus complexe et incertain (The club of Roma 1970). Forrester propose lors du séminaire de Berne d'utiliser les systèmes dynamiques pour étudier la question posée à l'époque par le Club, celle de l'éventualité d'une crise globale pouvant advenir avec une croissance continue sur une planète ayant une capacité limitée. Soulevée en plein dans les Trente Glorieuses, la question apparaît aujourd'hui, avec le recul, particulièrement visionnaire. Forrester développe la première version du modèle, WORLD1, puis son jeune collègue de 28 ans, Dennis Meadows, également du MIT, coordonne la suite du projet de modélisation pour le compte du Club de Rome.

En 1972, Dennis publie avec sa femme Donella, et ses autres collègues Jorgen Randers et William Behrens III, un ouvrage resté célèbre : *The Limits to Growth* (Meadows et al. 1972). Aussi connu sous l'appellation « rapport Meadows », il est traduit en 30 langues et vendu à 30 millions d'exemplaires. Le rapport présente les résultats du modèle WORLD3, qui, en incluant les deux versions antérieures (Forrester 1971), correspond à la première implémentation d'un modèle global. Rappelons qu'à

²² Tenant compte de variables comme la composition démographique, la répartition des secteurs d'emplois, la construction de nouveaux logements, la simulation montrait que le vieillissement urbain creusait le fossé entre la base d'emplois à hauts revenus et le parc de logements à prix modiques.

l'époque, l'informatique en était aux premiers « mini-ordinateurs » (leur taille étant un peu inférieure à celle d'une armoire) qui fonctionnaient sur la base de circuits intégrés pouvant effectuer environ 100 000 opérations par seconde²³. Si l'ambition calculatoire de cette simulation était révolutionnaire pour l'époque, les résultats obtenus l'ont été davantage. En effet, le rapport Meadows annonçait dans un scénario « *business as usual* » que le système monde atteindrait son optimum de développement vers 2030, à la suite de quoi - en raison de l'épuisement des ressources, de la pénurie alimentaire, et par conséquent du dépassement des capacités industrielles -, le monde entrerait dans une phase de déclin rapide et incontrôlable. Le rapport ne préconise pas moins que l'arrêt de la croissance afin de stopper les mécanismes d'auto-renforcement (boucle de rétroaction positive) du système économique et d'ainsi retrouver un état d'équilibre²⁴. Le rapport Meadows essuya de très nombreuses critiques à sa sortie, puis pendant encore une vingtaine d'années. Les critiques venaient autant des industriels que du milieu académique. Les politistes ont remis en cause les hypothèses et la structure du modèle WORLD3 (Cole et al. 1973) ; des économistes et des spécialistes de l'administration des affaires ont argumenté que le modèle était dans l'incapacité de prendre en compte les mécanismes de compensation qu'entraînerait la hausse des prix des ressources (substitution par d'autres matériaux, prospection accrue, progrès technologiques, etc.) (Beckerman 1974, Simon et Bartlett 1985) ; enfin, d'autres ont mis en cause des erreurs calculatoires qui - en raison du caractère exponentiel des équations utilisées - faussaient grandement les résultats de simulation²⁵. Les auteurs du rapport mettent à jour leur modèle et leurs résultats au cours des décennies suivantes ; d'abord 20 ans après la parution du rapport (Meadows et al. 1992), puis 30 ans après (Meadows et al. 2004) et, enfin, 40 ans après (Randers 2012). En tenant compte de la mise à jour des données d'entrées et en mobilisant la nouvelle puissance de calcul des ordinateurs, les conclusions des auteurs, selon lesquels le système mondial suit une trajectoire non durable (épuisement des ressources, surpopulation, effondrement du système économique) demeurent quasiment inchangées. Les auteurs sont toutefois plus prudents qu'en 1972, et n'annoncent pas de date de réalisation de leur prévision, afin d'éviter les critiques dénonçant à l'époque le caractère alarmiste de leurs conclusions. Parmi les différentes mises à jour du rapport Meadows, l'article de Turner (2008) apporte des résultats particulièrement intéressants quant à la trajectoire qu'a prise notre système mondial au cours des dernières décennies. Turner constate

²³ En 2017, la performance d'un ordinateur personnel est d'environ 1 teraFLOPS, c'est-à-dire mille milliards d'opérations par seconde, soit 10 milliards de fois plus rapide que l'ordinateur sur lequel tournait la simulation WORLD3 en 1971.

²⁴ Notons que durant ces mêmes années, l'économiste américain Richard Easterlin, spécialiste du bien-être, publie un ouvrage qui fera date (Easterlin 1974), mettant en évidence un décrochage entre la croissance du PIB et l'augmentation du sentiment de bien-être. L'indicateur du bonheur intérieur net (BIN), *index of economic well-being* (IEWB) en anglais, créé en 1980 se veut la traduction statistique des travaux de Richard Easterlin. Dans le cas de la France, l'indicateur du BIN plafonne depuis 2001 (Thomas et Ugucioni 2016).

²⁵ Donella Meadows constitue à ce propos un recueil des critiques reçues par le rapport (Meadows 1976). On y découvre que le premier écrit critique à son encontre est le chapitre d'un ouvrage des économistes Nordhaus et Tobin, paru le 8 octobre 1972 (Nordhaus and Tobin, 1972), soit trois jours après la publication du rapport Meadows.

que, sur la période 1970-2000, les données observées étaient proches des valeurs que le rapport Meadows présentait pour le scénario « business as usual » ; en revanche, les scénarios « monde super-technologique » et « monde stabilisé » du rapport Meadows ne correspondaient pas à l'évolution que le monde avait connue à la fin du XXe siècle. Ainsi, selon ces résultats, et malgré les nombreuses répercussions sociétales du rapport - au rang desquelles figure pas moins que l'ouverture d'un débat au sommet de Rio sur la nécessité d'une utilisation durable des ressources, qui débouchera sur la déclaration du sommet de Rio énonçant les trois piliers du développement durable (CNUED 1992), - il semblerait que la trajectoire de notre système mondial n'a pas réellement dévié depuis 40 ans.

En 2012, Dennis Meadows donnait l'une de ses dernières conférences (Meadows 2012) à l'occasion du 40^{ème} anniversaire de *The limits to growth*. Il estime, dans son discours intitulé « *It is too late for sustainable development* », qu'il n'est plus possible aujourd'hui de revenir à un état d'équilibre comme on pouvait l'escompter il y a encore 40 ans, mais plutôt que le système mondial va entamer une période de déclin incontrôlée, qui nous amènera à un nouveau type d'équilibre dont nous sommes incapables aujourd'hui de percevoir le fonctionnement. Il conclut en indiquant que la durabilité n'est plus un objectif possible et que l'humanité devrait à présent se concentrer sur le concept de résilience.

2.2.2. ... à l'usage du jeu comme moyen de communication

Au-delà de ce que dit cette saga « *The Limits to growth* » sur les répercussions de la systémique et des systèmes dynamiques dans les sphères académique et politique ainsi que sur l'incapacité de nos sociétés à s'emparer des résultats de la science, un autre enseignement est à tirer de cette épopée. Dès 1972, Peccei, président du Club de Rome, considère le modèle WORLD3 comme un outil de communication²⁶. Or, entre les années 1960 et 1970, plusieurs échanges ont lieu entre le Club de Rome et la communauté de pratiques des jeux et simulations ISAGA. Ainsi, Jan Klabbers travaille avec la deuxième équipe du Club de Rome et organise un congrès commun en 1977 (Klabbers, Geurts, van der Hijden, 1977) auquel Richard D. Duke est invité. À cette occasion, Jac Geurts, un modélisateur en informatique, découvre le jeu HEX GAME de Duke, et malgré sa frilosité face à l'absence totale d'informatique dans ce jeu, il déclare : « *I must admit, it probably has 50 percent more effect on a person than any of our computer models* » (Geurts cité par Duke et Geurts 2004). Les deux scientifiques entament alors une longue collaboration et produisent ensemble plusieurs jeux sur les politiques publiques (Duke et Geurts 2004). Dennis Meadows voyait également dans la collaboration avec la communauté des jeux et simulations l'occasion d'expliquer les principes de WORLD3. Il devient membre d'ISAGA, et développe en 1984 le jeu de rôles assisté par ordinateur Stratagem, qui intègre

²⁶ "Our message was received with sympathy and understanding but no action followed. [...] What we needed was a stronger tool of communication to move men on the planet out of their ingrained habits" Peccei (Clark, 1975 in Science, 1972, cité par (Benders et Kok 1999).

les principales fonctions de WORLD3 (Meadows et al. 1984). Le jeu a été traduit dans plus de 10 langues, distribué à plus de 4 000 copies et utilisé en formation dans de nombreux pays (Meadows et al. 2000, Meadows 2001). Si l'apparence du modèle et du jeu est résolument différente, il n'en reste pas moins que le modèle conceptuel (cycle, entités, composants, etc.) reste le même. Cette correspondance entre jeu et simulation, qui vient de leur développement concomitant dans les années 1950-1960 (Padioleau 1969) et qui fut formalisé dès les années 1970, est remise au goût du jour en France par Barreteau, 30 ans plus tard (Barreteau 2003). Par la suite, Meadows continue à adhérer à ISAGA et utilise des jeux qu'il considère comme des moyens de communication plus efficaces que le modèle WOLRD3, pour permettre d'appréhender la complexité des systèmes (Meadows 2000). Son but est de faire comprendre l'urgence des enjeux de « *The limits to growth* ». Il cherche pour cela à produire des formes de jeu de plus en plus simplifiées. Il développe ainsi en 1986 le jeu assisté par ordinateur FishBanks (Meadows et Meadows 1993), une version simplifiée de Stratagem appliquée au domaine de la pêche (dans ce jeu, la limite vient de la capacité de reproduction limitée des poissons). Le jeu a été présenté et joué pour la première fois à la conférence ISAGA de 1986 (il s'agissait de la première édition française de la conférence ; elle était organisée à Toulon par David Crookall). L'anecdote retiendra que durant la session de jeu, le modèle informatique planta et Dennis Meadows dû finir la session en effectuant les calculs à la main (Meadows 2000). Malgré le succès de ce jeu, qui encore une fois fut distribué à des milliers d'exemplaires dans plus d'une vingtaine de pays, Meadows chercha des formes de jeu encore plus simplifiées pour expliquer le cœur du problème soulevé par « *The limits to growth* ». Il en vint par exemple à utiliser des feuilles de papier qu'il fait plier en deux, à N reprises, par son audience afin que les personnes se rendent compte par elles-mêmes que lorsque N égale 30 ou plus, l'épaisseur de la feuille pliée atteint des dimensions démesurées, au-delà de ce que notre système de représentations permet de concevoir (Meadows 2000). Le jeu est ici ramené à sa plus simple expression : une règle, un joueur, une expérience, un ressenti. Ce jeu fait partie d'un ensemble de petits jeux publiés dans une série d'ouvrages intitulés « *Systems Thinking Playbook* »²⁷. Ces *playbooks* à destination des acteurs de la transition écologique sont des manuels pour réaliser des jeux auprès du grand public afin de les faire réfléchir sur le fonctionnement des systèmes complexes. Ils sont une illustration parfaite de l'utilisation des jeux comme moyen de communication adressé au plus grand nombre.

À la fin de sa carrière, Dennis Meadows indique qu'après 40 ans de communication à propos de « *The limits to growth* », la question des limites de la croissance commence enfin à être considérée sérieusement (Meadows 2012).

²⁷ *The Systems Thinking Playbook* publié en 1995 (Sweeney et Meadows 1995) et réédité en 2010. Puis, *The Systems Thinking Playbook for Climate Change* publié en 2011 (Sweeney et al. 2011) et réédité en 2016 (Meadows et al. 2016).

2.3. Entre jeu et simulation informatique : une diversité de configurations

Le chapitre précédent vient de montrer qu'entre la fin des années 1950 et celle des années 1960, l'usage des jeux et de la simulation informatique se développe de manière concomitante ; ils sont souvent présentés ensemble, sous la forme d'un continuum. Ainsi, Padioleau (1969) restitue à la *Revue française de sociologie* les travaux de langue anglaise dans le domaine de la simulation appliquée à la sociologie politique, en classant les applications en trois catégories : celles ne faisant intervenir que l'humain (comprenant les jeux à usage pédagogique, les jeux stratégiques pour l'« aide à la décision » et les jeux pour l'expérimentation théorique (e.g. Schelling, 1961)), puis les « simulations-mixtes » où des participants (humains) font appel à des calculateurs, et enfin les « simulations sur ordinateur ». Deux décennies plus tard, Crookall et al. (1986) proposent un classement qui vise à rendre compte des interactions humain-machine dans un environnement de simulation informatisé²⁸. Leur constat initial, qui motive l'établissement de cette la classification, est qu'en pratique, l'ordinateur accapare trop souvent toute l'attention des utilisateurs lors de séances de simulation informatisée. Cela se fait au détriment des interactions sociales au sein du groupe d'utilisateurs et, selon ses auteurs, au détriment de l'apprentissage expérientiel. Ce constat est corroboré par la suite par de nombreux travaux (l'Encart 1 donne un premier aperçu des enjeux de l'informatisation des jeux qui seront étudiés plus amplement aux Chapitres §5.3.1.3 et §8.1.5).

Paran et al. ont conçu une version « papier » (haptique) et une version informatisée de leur jeu de négociation autour de l'implantation de gravières (Paran et al. 2010). « *Convivial, simple et rapide à mettre en place, le jeu de papier fait la part belle à la psychologie de la négociation car il insiste sur les échanges et le dialogue entre joueurs en contournant la lourdeur des aspects techniques. La simplicité du support de cette version de papier en fait un jeu de simulation [une simulation jouée] malléable et facilement adaptable selon les besoins et attentes des organisateurs. Quant à la plateforme informatisée, elle demande davantage de moyens mais permet aux joueurs de manipuler des outils d'aide à la négociation. Si le dialogue est toujours de mise, il faut néanmoins veiller à ce que les joueurs ne se laissent pas submerger par le flot important d'information, ni endiguer par les aspects techniques* ».

L'étude menée par Becu et al. (2010a) compare plusieurs configurations de simulation (live-action, computer-assisted, computer-based, computer-controlled). Les jeux de rôles (équivalents dans cette publication à live-action ou computer-assisted) sont intéressants pour créer un espace d'échange et apprendre sur les autres, alors que les simulations informatisées (computer-controlled) sont plus intéressantes pour tester différents scénarios futurs possibles. L'aspect technique des versions computer-controlled est perçu par les utilisateurs comme un frein pour la compréhension des mécanismes simulés (Becu et al. 2008).

Pour l'animateur, une version computer-based est plus pratique d'un point de vue logistique. Le matériel de jeu se réduit à un ordinateur, les manipulations pour opérer un tour de jeu sont réalisées plus rapidement, les résultats et données sont fournis sous forme numérique, ce qui peut être plus pratique pour les afficher ou les analyser (Fedoseev 2016).

Encart 1 : Premier aperçu de la comparaison entre un jeu non informatisé et un jeu informatisé

²⁸ Dans le classement de Crookall et al. (1986), les jeux sans informatique ne sont pas pris en compte vu que ce classement s'intéresse aux interactions humain-machine.

La classification de Crookall et al. distingue deux axes (Figure 1) : qui de l'humain ou de la machine contrôle la simulation (contrôle des événements simulés et de l'évolution générale de la simulation) et quel type d'interaction prédomine (les interactions entre les joueurs ou celles joueur-ordinateur).

	Player-to-computer interaction prevails	Player-to-player interaction prevails
Players control the simulation	Computer-based simulations (CBS)	Computer-assisted simulations (CAS)
Computer controls the simulation	Computer-dependent simulations (CDS)	Computer-controlled simulations (CCS)

Figure 1 : Classification des interactions humain-machine dans un environnement de simulation informatisée (source : Crookall et al. 1986, selon Fedoseev 2016)

Les quatre catégories de cette classification peuvent être présentées de la sorte :

- Computer-Dependent (CDS) – une pure simulation informatique ; les participants observent la simulation à la manière d'un public de cinéma (Le Page 2017).
- Computer-Controlled (CCS) – l'ordinateur contrôle la simulation mais les joueurs interagissent les uns avec les autres pour prendre des décisions lors de temps d'interruption de la simulation²⁹.
- Computer-Based (CBS) – un ou plusieurs utilisateurs interagissent en permanence avec l'ordinateur au fur et à mesure de l'avancement de la simulation, comme par exemple dans un simulateur de vol (*flight simulator*).
- Computer-Assisted (CAS) – les utilisateurs ont des rôles qui font partie intégrante de la simulation ; les décisions sont prises à l'écart de l'ordinateur et ce dernier est utilisé uniquement à des fins calculatoires et d'enregistrement des décisions³⁰.

Si cette classification permet d'appréhender les grands ensembles de modes d'interaction à l'interface entre simulation et « simulation jouée », les façons d'interagir avec une simulation entre 1986 et aujourd'hui ont considérablement évolué. Ces évolutions technologiques inventent à repenser le type CBS proposé par Crookall et al. Pour ce type, et dans le cas où il y a plusieurs utilisateurs, ces derniers peuvent interagir avec la simulation, chacun au travers de sa propre interface. Il existe alors des interactions entre joueurs, qui passent par le biais de l'interface informatique. Dans cette configuration, les joueurs-humains peuvent éventuellement être représentés dans le monde virtuel au moyen d'un avatar informatique.

²⁹ Crookall et al. précisent pour le type CCS qu'il s'agit de simulations avec lesquelles un groupe de personnes interagissent soit pour commenter ce qui se produit, soit pour choisir une trajectoire pour la prochaine séquence de la simulation (comme dans les « livres dont vous êtes le héros » mais à la place d'un seul lecteur, il y a un groupe de personnes).

³⁰ La configuration CAS « favorise l'apprentissage expérientiel avec un focus sur les aspects sociaux » (Le Page 2017).

Le Page et al. (2010) ont voulu mieux analyser ces interactions entre joueurs, qui passent par l'ordinateur. Pour cela, ils ont cherché à caractériser les agents décisionnels dans les dispositifs de simulation et de jeu et les types d'agents qui prennent des décisions. Les auteurs partent du principe que la décision peut être prise soit par un humain, soit par un programme informatique, et que dans une simulation jouée, un humain (ou un groupe d'humains) peut incarner un avatar informatique qui le représente dans le monde virtuel. Ils recensent ainsi quatre types possibles d'agents décisionnels, qui sont (de gauche à droite dans la Figure 2): (i) l'agent humain, pour lequel la décision est 100 % humaine et qui n'a pas d'avatar informatique, (ii) l'agent composite, pour lequel la décision est également 100 % humaine mais qui est représenté par un avatar non-décisionnel dans le monde virtuel, (iii) l'agent composite hybride, pour lequel une partie des décisions est prise par un humain et l'autre partie par un programme informatique (l'avatar informatique est alors partiellement décisionnel) et (iv) l'agent informatique dont les décisions sont à 100 % issues d'un programme informatique.





100% humaine		intermédiaire	100% informatique
agent humain	agent composite	agent composite hybride	agent informatique = agent virtuel
			
pas d'avatar	avatar non décisionnel	avatar partiellement décisionnel	avatar autonome

Figure 2 : Types d'agents décisionnels (source : Le Page et al. 2010)

Les simulations dans lesquelles on ne trouve que des agents décisionnels humains sont communément appelées « jeux de rôles »³¹ (voir l'Encart 2 sur les origines de l'emploi de l'appellation « jeu de rôles » en modélisation d'accompagnement) et celles où il n'y a que des agents décisionnels informatiques sont appelées « simulations informatiques ». Entre les deux, il existe toute une gamme de configurations intermédiaires (Le Page 2017). Dans un effort d'uniformisation des différentes classifications, Le Page précise alors que « l'appellation "jeu de rôles assisté par ordinateur" permet de se rapprocher de la nomenclature proposée par Crookall et al. (1986)³², cependant je retiens plutôt le

³¹ L'appellation « jeu de rôles » est utilisée ici dans le sens donné dans la littérature sur la modélisation d'accompagnement. Un « jeu de rôles » n'implique pas qu'il n'y ait aucun recours à l'informatique ; un logiciel informatique peut être utilisé pour représenter les décisions des joueurs humains ou pour leur donner à voir l'état du système au cours de la simulation. En outre, le « jeu de rôles » implique une véritable mise en situation des participants-humains ; il peut faire appel ou non à un support informatique (Le Page 2017).

³² Le Page semble proposer ici que l'appellation simulation multi-agents interactive recouvre exclusivement la catégorie des CAS de Crookall et al. (1986). Toutefois, depuis 1986, les évolutions technologiques ont ouvert de plus en plus de possibilités d'interagir entre humains, par le biais de différents types d'interfaces numériques. C'est pourquoi les configurations possibles entre des CBS et des CAS se sont aujourd'hui considérablement multipliées. Aussi, et si on exclut les configurations de CBS où il n'y a qu'un seul joueur, il me semble plus indiqué de considérer que les simulations multi-agents interactives recouvrent d'une part les CAS entièrement, et d'autre part les CBS partiellement.

terme "simulation multi-agent interactive", à la fois plus générique et qui rend mieux compte de la nature l'outil. [...] Dans la littérature, le terme consacré demeure "simulation multi-agent participative" » (Le Page 2017).

L'appellation « jeu de rôles » est très couramment utilisée dans la communauté de la modélisation d'accompagnement, car c'est en ces termes que les chercheurs qui ont posé les bases de la démarche de modélisation d'accompagnement vont introduire les dispositifs de simulation jouée dans leurs écrits scientifiques (Bousquet et al. 1996a, 2002, Barreteau 1998, d'Aquino et al. 2001a, Barreteau et al. 2003b). L'idée d'utiliser le jeu en lien avec des modèles de simulation (en l'occurrence des simulations multi-agents) leur a été notamment inspirée par deux thèses issues du GREF³³ (Mermet 1992, Piveteau 1995), portant l'une sur le jeu comme clé de lecture des stratégies d'acteurs dans la gestion de l'environnement et l'autre sur l'utilisation du jeu et de sa métaphore pour une analyse prospective territoriale des zones rurales fragiles et de ses actants ; ainsi que les travaux de chercheurs anglais et américains sur le développement et l'utilisation d'exercices de jeux de rôles pour la formation sur les systèmes irrigués (Burton 1989, Steenhuis et al. 1989)³⁴ parus dans la revue *Irrigation and Drainage Systems* publiée aux Pays-Bas. À l'époque, les auteurs de la modélisation d'accompagnement connaissaient peu la littérature étrangère dans le domaine et ses applications. D'ailleurs, en 2001, à l'occasion de la sixième séance du séminaire du programme « Concertation, décision et environnement » commandé par le ministère de l'Environnement (le séminaire se tenait dans les locaux de l'ENGREF), Laurent Mermet, ayant invité Olivier Barreteau à présenter les premiers résultats sur l'usage conjoint des jeux de rôles et des simulations multi-agents, introduit la séance en ces mots : « Ces jeux de simulation sont relativement peu développés dans notre domaine en France. Pourtant ils font l'objet d'une activité de recherche très intéressante au plan international, qui possède sa revue (*Simulation & gaming*) et sa société savante (*l'International Simulation and gaming Association, ISAGA*) » (Mermet 2001). Deux ans plus tard, à l'occasion de la sortie d'un numéro spécial dans la revue *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* (le numéro portait sur l'utilisation conjointe des jeux de rôles et des modèles à base d'agents), Barreteau et al. (2003b) commencent à faire référence aux auteurs de cette communauté internationale, et plus particulièrement au jeu FishBanks (Meadows et Meadows 1993) que Christophe Le Page et François Bousquet avaient découvert quelques années auparavant (Babin et Le Page 1997, Kozlack et al. 1999)³⁵. Barreteau et al. considèrent à l'époque le jeu des époux Meadows comme l'un des travaux précurseur de la synergie entre jeu et simulation dans le domaine de l'environnement³⁶. À partir de 2007, la communauté de la modélisation d'accompagnement commence à faire référence aux auteurs historiques du *simulation and gaming*, et ce notamment au travers de la parution d'un numéro spécial dans la revue *Simulation & Gaming* par Barreteau, Le Page et Perez (2007).

Encart 2 : L'origine de l'utilisation du terme « jeu de rôles » en modélisation d'accompagnement et les rapprochements avec la communauté du simulation and gaming

³³ Génie rural, des eaux et des forêts.

³⁴ Le jeu développé par (Steenhuis et al. 1989) s'appelait « Irrigation Rehab ».

³⁵ Le jeu FishBanks sera d'ailleurs utilisé par Le Page et Bousquet pendant plusieurs années en introduction des formations à la plateforme de modélisation multi-agents Cormas.

³⁶ À titre de contre-exemple, dans l'article de synthèse de 1997, Markus Ulrich recensait 32 applications de *simulation and gaming* dans le domaine de l'environnement publiées et documentées, s'étalant de 1975 à 1997 (Ulrich 1997a).

2.4. Épistémologie du *simulation and gaming* selon Klabbers

Comme indiqué plus haut, la pratique du *simulation and gaming* fait appel au ressenti, au fait de vivre une expérience. Cette conception de l'usage d'un modèle de simulation (voir plus généralement de la systémique) est très différente de celle que l'on trouve aujourd'hui dans les systèmes dynamiques (et plus généralement dans les courants dominants de la modélisation et de la simulation). En modélisation et simulation, lorsque l'on parle de l'expérience d'usage d'un modèle de simulation, il est plus courant d'évoquer le processus de partage de connaissances induit que le ressenti, qui n'est pas un terme que l'on retrouve dans cette littérature.

Cette différence montre que si les systèmes dynamiques et le *simulation and gaming* ont des origines communes et que leurs chemins se sont croisés à plusieurs reprises, ils font appel à une épistémologie différente. Klabbers l'a remarquablement bien illustré dans son ouvrage sur les principes du *simulation and gaming*, où il distingue la science analytique et la science du design.

La science analytique cherche à analyser de manière rationnelle (au sens du rationalisme de Kuhn) les faits observés. En cela, Klabbers indique que la science analytique rassemble des communautés d'observateurs. Dans cette conception scientifique, on élabore des théories que l'on cherche à valider à partir d'observations d'éléments passés, afin de pouvoir ensuite appliquer ces théories pour prédire des éléments du futur (Klabbers 2009b p. 183).

La science du design, quant à elle, rassemble plutôt des communautés de pratique (Klabbers 2009b). Également appelée science de la conception, elle a été formalisée par Herbert Simon en 1969 dans son ouvrage *Les sciences de l'artificiel* (troisième édition Simon 1996). Cette science, cet art dirait Klabbers, consiste à fabriquer des artefacts utilisables (c'est ainsi que Simon les nomme dans son ouvrage³⁷) et à évaluer leurs impacts en fonction de différentes conditions d'utilisation : on s'interroge notamment sur la performance de l'artefact en fonction de ses objectifs et des spécifications de son design. En soit, le processus s'apparente à l'ingénierie, mais en conceptualisant l'artefact comme un miroir de la réalité, Simon étend sa portée épistémologique (Simon 1996). Klabbers mentionne quatre types d'activités de recherche en science du design : (i) la recherche sur les méta-modèles pour la conception d'artefacts (cette recherche permet de produire de la connaissance formelle) ; (ii) la recherche sur la conception d'artefacts (processus d'intégration de connaissances et de savoir-faire et processus d'expérimentations incrémentales) ; (iii) la recherche sur le domaine d'application d'un artefact particulier (nouvelles connaissances sur le cas d'étude produites au travers de la conception ou de

³⁷ Une « simulation jouée » est un type d'artefact selon cette appellation.

l'utilisation de l'artefact) ; (iv) la recherche sur l'évaluation de la qualité de l'artefact (efficacité de l'artefact en fonction des conditions d'application, des publics cibles, de ses spécifications et objectifs).

La science du design se positionne dans le champ de la science post-normale (Funtowicz et Ravetz 1993)³⁸ qui vise à répondre à des enjeux (*issue-driven*), dans un contexte de forte incertitude avec des répercussions politiques, économiques et sociales importantes. Ainsi, l'objectif de la science du design va bien au-delà de l'instrumentation. Elle considère que tous ceux impliqués dans un processus de design participent à une évolution de la situation existante vers celle désirée. Le design est donc une forme de changement social ; Klabbers distingue deux niveaux de design (le Design-In-the-Small et le Design-In-the Large) qui impliquent chacun un changement social différent.

- Le Design-In-the-Small (DIS) se réfère à la conception de l'artefact pour qu'il puisse répondre aux objectifs d'apprentissage visés → quels changements sont visés (apprentissage) ?
- Le Design-In-the-Large (DIL) correspond aux méta-objectifs de ces changements → quelles transformations sont visées au travers de ces apprentissages (changement de paradigme) ? Les éléments de conception dans le DIL se rapportent notamment à la façon dont l'artefact est déployé auprès d'un réseau d'acteurs.

Ainsi, la science du design se rapporte à la recherche-action, qui vise à répondre à des enjeux, et se focalise sur le changement, sur l'action de construire le futur (et non de prédire le futur comme vise à le faire la science analytique). Pour ce faire, elle transcende les barrières disciplinaires pour pouvoir répondre aux besoins publics (Booth 1987 cité par Klabbers 2009b) ou résoudre des problèmes sociétaux (Committee on Facilitating Interdisciplinary Research 2004). Elle est une mise en pratique de l'interdisciplinarité, pour produire du changement dans l'action. La science du design se rapporte également à l'*action learning* et à l'intégration dans le processus d'apprentissage des connaissances tacites et de l'intelligence émotionnelle (le concept d'*action learning* est traité au Chapitre §7.1).

Si les fondements épistémologiques de la science analytique et de la science du design sont différents, Klabbers rappelle que dans le domaine du *simulation and gaming* (comme dans d'autres domaines), des communautés scientifiques issues de ces deux courants se rencontrent. À l'aide d'un schéma (Figure 3), il met en relation cette rencontre, avec le continuum allant des approches mono-disciplinaires aux approches méta-disciplinaires (transdisciplinaires diraient certains), en passant par

³⁸ La science post-normale se définit en opposition à une science normale (science analytique au sens du rationalisme de Kuhn) qui n'apporte pas de réponses lorsque la société est confrontée à la nécessité de résoudre des problèmes politiques concernant des problèmes sociaux transnationaux et délicats.

les approches interdisciplinaires. Le schéma synthétise les différences épistémologiques entre ces deux communautés et illustre pourquoi elles ne peuvent pas se comprendre si elles ne s'expliquent pas leurs différences. Cette tension entre deux conceptions se retrouve également lorsqu'il s'agit d'utiliser un artefact préalablement conçu. Va-t-il être utilisé pour accompagner un changement dans le système ou pour observer le fonctionnement de ce système ?

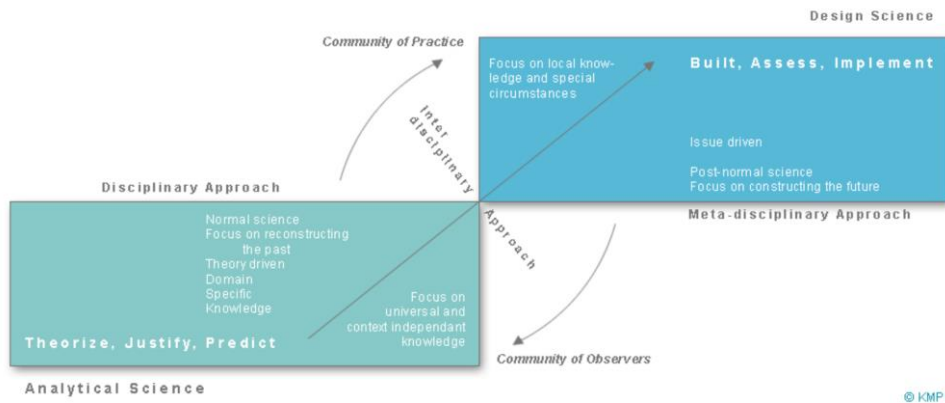


Figure 3 : Rencontre entre deux communautés au sein du simulation and gaming (source : Klabbers 2009b)

Malgré ces divergences d'objectif et d'approche, les échanges entre les deux communautés sont nécessaires. Les théories, méthodes et outils de la science analytique sont utilisés dans le design ; les artefacts élaborés par la science du design peuvent être utilisés par la science analytique pour investiguer des questions théoriques. La mise en pratique d'une théorie issue de la science analytique pour produire un changement est en soit une approche de la science du design selon Klabbers (Klabbers 2009b p. 192).

2.5. Le débriefing

2.5.1. Le rôle du débriefing

Le débriefing correspond au temps après le jeu où les participants échangent ensemble sur l'expérience vécue durant la simulation pour en tirer des enseignements. Les praticiens du *simulation and gaming* ont intensivement étudié ce temps des ateliers de gaming/simulation, qu'ils considèrent comme tout aussi important, voire plus important, que le temps de jeu. Parmi les différents praticiens, David Crookall, qui a été l'éditeur principal de la revue *Simulation & Gaming* de 1989 à 2015³⁹, s'est beaucoup intéressé au rôle du débriefing (Crookall 2010, 2014).

En premier lieu, il considère que le débriefing joue un rôle éthique dans la tenue d'un atelier de gaming/simulation. En effet, les participants ont accepté de participer à un atelier au cours duquel les animateurs leur ont demandé de s'engager pleinement dans une activité préparée pour l'occasion. Il est donc normal que les participants puissent ensuite poser des questions sur cette activité, avoir un retour de la part des animateurs concernant la manière dont a été préparé le contenu de cette activité, donner leur avis à ce sujet et échanger avec les autres participants. Si cela est vrai pour n'importe quelle activité, ça l'est d'autant plus pour le *simulation and gaming*. En effet, d'une part, l'activité à laquelle ils ont participé est une simulation de la réalité construite par d'autres ; ils ont donc besoin de mettre en perspective cette simulation par rapport à la réalité qu'eux perçoivent et de comprendre comment cette simulation a été construite et en débattre. D'autre part, les participants s'investissent cognitivement et émotionnellement dans l'activité. Ils vivent une expérience au cours de laquelle ils peuvent potentiellement ressentir différentes émotions plus ou moins fortes : satisfaction mais également frustration, colère, ou encore excitation. Après le temps de jeu, il est donc important qu'ils puissent exprimer leurs émotions et les partager.

Crookall insiste par ailleurs sur un autre aspect primordial du débriefing (si ce n'est le premier) : l'apprentissage commence avec le débriefing (Crookall 1992, 2010). Il correspond à la phase de traitement de l'expérience vécue durant le jeu et aux phases de réflexivité et de conceptualisation du cycle d'apprentissage expérientiel de Kolb (Kolb 1984). C'est lors du débriefing que les expériences vécues sont transformées en apprentissages. Ne pas conduire de débriefing reviendrait alors à faire vivre aux participants une expérience, qui peut avoir été plaisante, mais pour laquelle on ne donne pas les clés afin de l'interpréter et en tirer quelque chose ; ce ne serait tout simplement pas éthique (Crookall 2014).

³⁹ Clapper rend compte dans son éditorial de 2016 des apports de Crookall à la structuration du domaine au cours de ses 26 années d'édition de la revue *Simulation & Gaming* (Clapper 2016).

Au cours des chapitres suivants, le rôle du débriefing sera examiné à nouveau à plusieurs reprises, notamment au travers de son articulation avec la production de connaissances (cf. Chapitre §7.1.1) et sur la façon dont les participants s'engagent dans le débriefing (cf. Chapitres §6.3.2 et §9.3.1). La suite de ce chapitre présente la structure du débriefing, en prenant notamment l'exemple de la structure utilisée par Dennis Meadows.

2.5.2. La structure du débriefing

Meadows utilise pour ces différents jeux (Stratagem, FishBanks ou bien encore les jeux décrits dans *Systems Thinking Playbooks*) une structure de débriefing (Meadows et al. 2000, 2016, Sweeney et al. 2011) qui reprend la structure classique et couramment utilisée dans le domaine du *simulation and gaming* (Thatcher 1990, Lederman 1992, Petranek 1994). La durée du débriefing varie entre une dizaine de minutes (comme pour certains des jeux courts des *Systems Thinking Playbooks*) et plusieurs heures. Le débriefing s'articule autour d'échanges entre les participants, animés par un facilitateur, qui procèdent par une succession d'allers-retours entre l'expérience de jeu et la réalité du socio-écosystème étudié dans l'atelier. Ces allers-retours permettent de parcourir différents sujets, ou aspects de l'expérience de jeu vécue (par exemple les stratégies de coordination mises en place ou bien les mécanismes de régénération des ressources naturelles). Ces différents sujets correspondent à ce que les sciences de l'éducation appellent les objectifs pédagogiques. Ces objectifs pédagogiques sont préparés à l'avance par les animateurs (d'une session à l'autre, les objectifs pédagogiques prévus peuvent varier pour un même artefact). En fonction du déroulement de la simulation, certains des objectifs pédagogiques prévus peuvent ne pas être discutés, tandis que d'autres, non prévus, peuvent apparaître.

Avant de démarrer les échanges en lien avec les objectifs pédagogiques, le débriefing commence par un temps où les participants peuvent exprimer leur ressenti personnel et leur sentiment par rapport au jeu (« ça m'a plu », « j'ai trouvé que c'était stressant », « on a réussi », etc.).

Puis, de manière plus ou moins structurée, le facilitateur amène les participants à aborder des aspects en rapport avec des expériences concrètes vécues durant le jeu (« que s'est-il passé dans cette zone de jeu où toutes les ressources ont été épuisées ? »). Pour ce faire, et comme illustré dans la Figure 4, Sweeney et Meadows suivent un fil rouge allant de la compréhension du problème rencontré jusqu'aux solutions à y apporter, en passant par les causes du problème (« que s'est-il passé ... », « pourquoi c'est arrivé... », « comment avez-vous réagi... »).

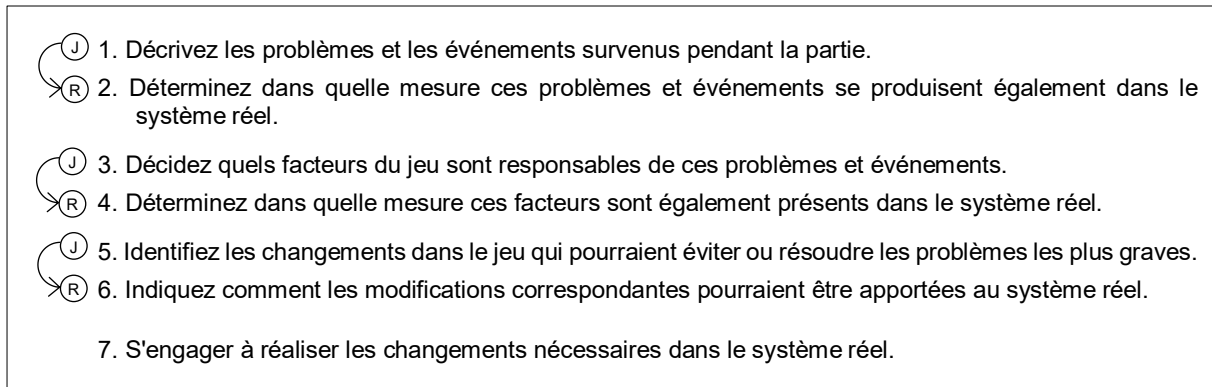


Figure 4 : Une structure du débriefing en sept étapes (Sweeney et al. 2011)

Que le fil rouge suive la trame « problème-causes-solutions » proposée par Sweeney et Meadows ou une autre trame, il s'agit de procéder à des allers-retours pour mettre en correspondance les enseignements tirés du jeu avec des situations réelles auxquelles les participants sont ou peuvent être confrontés. La dernière étape est celle du « take-home message ». Sweeney et Meadows s'adressant dans leur Playbook à des animateurs qui réalisent des activités de sensibilisation aux changements climatiques auprès des citoyens, cette dernière étape prend la forme d'engagements citoyens (Figure 4). Dans d'autres cas et auprès d'autres publics, elle peut consister en des accords entre les participants pour réaliser des actions collectives ou des changements. Dans d'autres situations encore, cette étape peut se résumer à expliciter ce que les participants retirent de cette expérience et ce qu'ils peuvent appliquer ensuite dans leur quotidien.

Un autre aspect souvent abordé dans les débriefings réalisés à la suite des *gaming/simulations* est relatif au fonctionnement et aux améliorations pouvant être apportées à l'artefact. Il s'agit de recommandations et d'informations constructives fournies par les participants aux animateurs de la session sur la conception du jeu. Parfois, ces sujets de discussion peuvent se mêler aux échanges au sujet des objectifs pédagogiques ; le facilitateur doit alors structurer les échanges pour que ces différents aspects puissent être traités sans qu'il y ait de confusions et d'incompréhensions sur l'objet de la discussion.

Outre les différents éléments de son déroulé, un autre aspect essentiel de la structure du débriefing dans le *simulation and gaming* tient aux résultats de la simulation. Il ne s'agit pas au travers de ces résultats de savoir si les joueurs ont gagné ou perdu⁴⁰, mais plutôt d'étudier collectivement et de discuter les résultats d'indicateurs relatifs aux différents aspects du socio-écosystème simulé. Par exemple, dans Stratagem, Meadows montre un graphique calculé à partir des résultats de la simulation jouée, qui illustre la croissance exponentielle de la population et du capital et met en évidence

⁴⁰ Dans une simulation jouée, la dimension agonistique des jeux, à savoir la compétition entre les joueurs avec un gagnant et un perdant, est absente. Le lien à la réalité entretenu par la simulation prédispose les simulations jouées à être des dispositifs pédagogiques d'entraînement (Sauvé 2008).

certaines relations entre les actions réalisées durant la partie et les taux de croissance associés (Meadows et al. 2000). Ce type de résultats d'une simulation peut être utilisé pour entamer une discussion sur un aspect des objectifs pédagogiques prévus. Ils peuvent également être montrés pour étoffer une discussion en cours. De même, d'autres supports peuvent venir enrichir les échanges lors du débriefing, tels les résultats de simulation issus de sessions de jeu réalisées préalablement. Les participants peuvent ainsi évaluer leurs résultats au regard de ceux des autres.

Dans le domaine de la santé, le débriefing est une activité couramment pratiquée, et les praticiens de ce domaine ont produit des canevas de débriefing de simulations jouées particulièrement intéressants. Ainsi dans le *Miller's Anesthesia*, le manuel de référence des anesthésistes, on trouve un chapitre consacré au débriefing décrivant ses différentes phases, qui reprennent d'ailleurs la structure générale de débriefing vue ci-dessus (Figure 5).

- Clôturer le scénario simulé
- Transition de la simulation au débriefing
- Libération émotionnelle
- Description des faits survenus dans la simulation
- Auto-identification des problèmes
- Discussion de contenu clinique
- Analyse
- Possibilités d'amélioration du système
- Transfert de ces enseignements au « monde réel »
- Énoncer un « take-home message » basé sur le scénario simulé et le débriefing
- Clôturer le débriefing

Figure 5 : Phases du débriefing selon le *Miller's Anesthesia* (Forkin et Nemergut 2016)

Fanning et Gaba, deux des auteurs du manuel, résument ces phases en trois étapes : décrire les événements du jeu, identifier les émotions et les ressentis des participants durant ces événements, généraliser l'expérience en établissant des liens avec les situations réelles auxquelles les participants sont confrontés (Fanning et Gaba 2007). Il ressort de cette structure en trois étapes, l'une des spécificités des exercices de gaming/simulation par rapport à l'usage classique de la simulation, qui correspond au fait de s'appuyer sur l'intelligence émotionnelle des participants pour résoudre des problèmes (Klabbers 2009). La « plus-value » de ces exercices permet aux praticiens du domaine de la santé de s'exercer à utiliser leur ressenti et à gérer leurs émotions, en complément de leurs connaissances techniques de la pratique médicale. Les auteurs insistent également sur le rôle et les compétences du facilitateur du débriefing, des aspects essentiels pour réussir le débriefing (Fanning et Gaba 2007). La conclusion du Chapitre §9.2 revient sur cet aspect.

2.5.3. Les différentes façons de conduire le débriefing

La façon de conduire le débriefing varie d'un facilitateur à l'autre, suivant ses compétences, ses habitudes et les participants en présence. Willy Kriz a décrit différents styles possibles de débriefing, ainsi que le rôle et l'attitude du facilitateur dans cet exercice (Kriz 2010). Afin d'illustrer cette diversité, les paragraphes suivants présentent succinctement quatre moyens d'expression utilisés dans le débriefing, qui correspondent à des styles de débriefing différents mobilisés par des praticiens du *simulation and gaming*.

Le style de débriefing et le moyen d'expression le plus couramment utilisé est le débriefing oral. Le facilitateur demande aux participants de décrire oralement leur expérience, soit à tour de rôle, soit de manière libre, ou bien encore au travers de rapporteurs désignés au sein de différents groupes de participants. Les autres participants réagissent oralement et le débat se poursuit de cette façon.

Willy Kriz pour sa part intègre souvent dans sa façon de conduire le débriefing des éléments d'expression corporelle. Il utilise cette technique pour permettre aux participants d'exprimer leurs émotions vis-à-vis du jeu mais également vis-à-vis des autres. Les exercices consistent à exprimer son ressenti par l'expression faciale, ou bien encore en constituant des figures, en se positionnant et en se tenant les uns les autres d'une certaine façon (Kriz 2010).

David Crookall, de son côté, apprécie utiliser l'écrit durant le débriefing comme moyen d'expression des participants. Cela leur permet de prendre le temps de la réflexion individuelle avant de mettre en commun leurs idées et leurs arguments. C'est également un moyen d'introduire dans le déroulé de l'atelier un temps plus calme, qui permet aux participants de se désengager du jeu, pour s'engager dans le débriefing (Crookall 2014).

Un dernier style de débriefing relaté ici est l'utilisation de jeux pour conduire le débriefing (Thiagarajan 1992). Dans cette façon de faire, les participants expriment leur ressenti vis-à-vis de la simulation au travers de différents jeux rapides, abordant chacun un aspect de la simulation. Par exemple, l'auteur propose un jeu qui permet aux participants de parler de leurs émotions et de leurs sentiments, sans que cela ne prête à conséquence. Un autre jeu rapide, qui fonctionne sur un mécanisme d'enchères, permet aux participants de débattre des solutions qu'il aurait fallu mettre en place dans la simulation pour améliorer la situation.

Ainsi, les styles de débriefing peuvent varier d'un cas à l'autre, tout en gardant toutefois une trame commune basée sur le principe de l'apprentissage expérientiel et celui du rapport entre l'expérience de jeu et les objectifs pédagogiques visés qui concernent des situations réelles. Le débriefing est un

moment essentiel des ateliers de gaming/simulation, et les chapitres suivant de cet ouvrage auront l'occasion de le montrer à nouveau.

2.6. Diversité des pratiques et singularité du *simulation and gaming*

Les chapitres précédents ont retracé une partie de l'histoire et des grands principes du *simulation and gaming*. Il apparaît que 50 ans de recherche dans le domaine (la conférence ISAGA a fêté son 50^{ème} anniversaire en 2019) ont permis d'élaborer un socle de pratiques, de concepts, et de réflexions extrêmement riche et foisonnant. En termes de design par exemple, l'ouvrage de Duke de 1974 décrit précisément la structure et les étapes de la construction d'un dispositif de gaming/simulation. Son article de 1980 synthétise sa démarche sous la forme de neuf étapes pour l'élaboration d'un jeu et résume la structure d'un jeu en douze éléments (Duke 1980)⁴¹. En matière d'évaluation, de déploiement des dispositifs ou bien encore de conduite de débriefing, les publications ne manquent également pas, et les chapitres qui suivent seront l'occasion de revenir dessus.

Dans les dernières décennies, plusieurs auteurs de cette communauté ont déploré que ce domaine de recherche ne se soit pas élevé au rang de discipline, ou ne soit pas parvenu à établir un socle théorique commun et reconnu (Klabbers 1994, 2009b, Crookall et Thorngate 2009, Crookall 2010, 2012, Kriz et al. 2014). Ses auteurs voient dans la diversité assumée des pratiques, des applications et des influences à la fois un obstacle à une diffusion globale du *simulation and gaming* comme l'avait escompté Duke (Duke 1974), et une richesse qu'il convient d'entretenir. Au-delà de ces questionnements sur la place du *simulation and gaming* dans la sphère scientifique et son devenir, l'un des aspects particulièrement intéressant dans cette abondante littérature est la spécificité du *simulation and gaming* dans le champ plus large de la simulation. Les auteurs du *simulation and gaming* s'intéressent à la simulation en action, au ressenti des participants et au fait de vivre une expérience transformationnelle. Ter Minassian et Rufat disent à ce propos que « l'efficacité des jeux en éducation repose sur l'intériorisation des mécanismes et des actions par les joueurs qui se l'approprient au cours des parties » (Ter Minassian et Rufat 2008). Si l'on étend la réflexion jusqu'au niveau large du design (DIL) tel que défini par Klabbers (Klabbers 2009a), l'expérience de simulation tend à la transformation du système d'acteurs dans lequel s'inscrit l'expérience. Dans la pratique du « gestalt », l'apprentissage induit par le *simulation and gaming* porte autant sur les connaissances explicites que sur les connaissances tacites, les savoirs locaux (Klabbers 2009, p.86) et l'intelligence émotionnelle (Klabbers 2009, p.89). Autant d'aspects que l'on aborde peu dans les autres courants de la simulation, et encore trop peu dans la démarche de modélisation d'accompagnement.

⁴¹ D'autres ouvrages traitant du design des gaming/simulation ont été publiés par la suite (Ellington et al. 1981, Jones 1987, Greenbalt 1988).

Associée à cette place prépondérante de l'humain dans la simulation, une autre singularité de la pratique du *simulation and gaming* est la dimension *free-play* de ses dispositifs, qui peut être plus ou moins marquée d'un dispositif à l'autre, mais qui, comme le souligne Klabbers, fait partie de la morphologie du jeu (Klabbers 2009b, p.52). Le *free-play* est le fait que les utilisateurs soient libres de jouer comme ils veulent. Le cheminement de la simulation n'est jamais totalement scripté à l'avance et il est impossible de dire quelle va être l'issue de la simulation avant qu'elle ne survienne. Un premier degré de *free-play* correspond à des dispositifs où les règles du jeu donnent un cadre à suivre, mais les joueurs sont libres de les interpréter selon leur propre système de valeurs (Klabbers 2009b) ; les possibilités d'actions au sein du cadre imposé sont alors extrêmement nombreuses. Un degré supplémentaire correspond à des dispositifs où les joueurs peuvent modifier le cadre, inventer de nouvelles règles et incorporer de nouveaux éléments. Klabbers parle également de « free-form games » qui incorporent quelques règles de base (des « principes élémentaires » du système) ; toutes les autres règles sont élaborées en cours de jeu par les joueurs eux-mêmes (la plupart du temps, leur définition est négociée entre les joueurs). À l'extrême, le *free-play* correspondrait à un dispositif où il n'y aurait pas de cadre, pas de règles. Certains diraient alors qu'il ne s'agit plus d'un dispositif de jeu, mais d'un jouet (voir section D du lexique). Il n'en reste pas moins que la dimension *free-play* est ce qui distingue une simulation jouée d'autres formes d'exercices de simulation tels les simulations informatiques (CDS) et les exercices d'économie expérimentale (Janssen et al. 2011).

Les chapitres précédents ont également permis d'esquisser les premiers contours du format de la simulation participative, ce qui la différencie des autres formes de simulation et notamment des simulations à portée analytique. Dans ce format entre jeu et simulation, les utilisateurs vivent une expérience en prenant part à une simulation. Le fait de « vivre une expérience » indique que les utilisateurs ont un ressenti émotionnel en réaction à la simulation et en fonction de leur propre subjectivité. Une simulation participative ne donne pas le même résultat d'un utilisateur à l'autre, voire auprès d'un même utilisateur à deux moments, et donc deux états émotionnels, distincts. Le fait de « prendre part à la simulation » indique que les utilisateurs contrôlent, au moins en partie, la simulation. Jouer à une simulation, c'est effectuer des choix dans une situation fictive. La décision humaine est au cœur de l'expérience de simulation participative. Une simulation où il n'y aurait pas de décision humaine, pour changer le cours de la simulation ou pour tester un nouveau scénario ou une nouvelle stratégie, n'est donc pas une simulation participative. Ainsi, dans la classification proposée par Crookall et al. (1986), la catégorie CDS (les participants observent la simulation à la manière d'un public de cinéma) ne fait pas partie de la simulation participative, alors que la catégorie

CCS (les participants interviennent lors des temps d'interruption de la simulation) est bien une forme de simulation participative. Par ailleurs, « prendre part à la simulation » implique que la simulation « transforme » d'une certaine façon les participants, et à travers eux, le système dans lequel ils évoluent. En cela, la simulation participative se distingue d'une simulation analytique dont l'objectif est de tester des hypothèses pour construire des théories permettant d'expliquer des phénomènes observés.

En guise de synthèse, le schéma ci-dessous situe la simulation participative parmi les différentes formes de simulation et en fonction des différentes classifications vues dans ce chapitre à propos des pratiques ou des modes de décision dans les simulations.

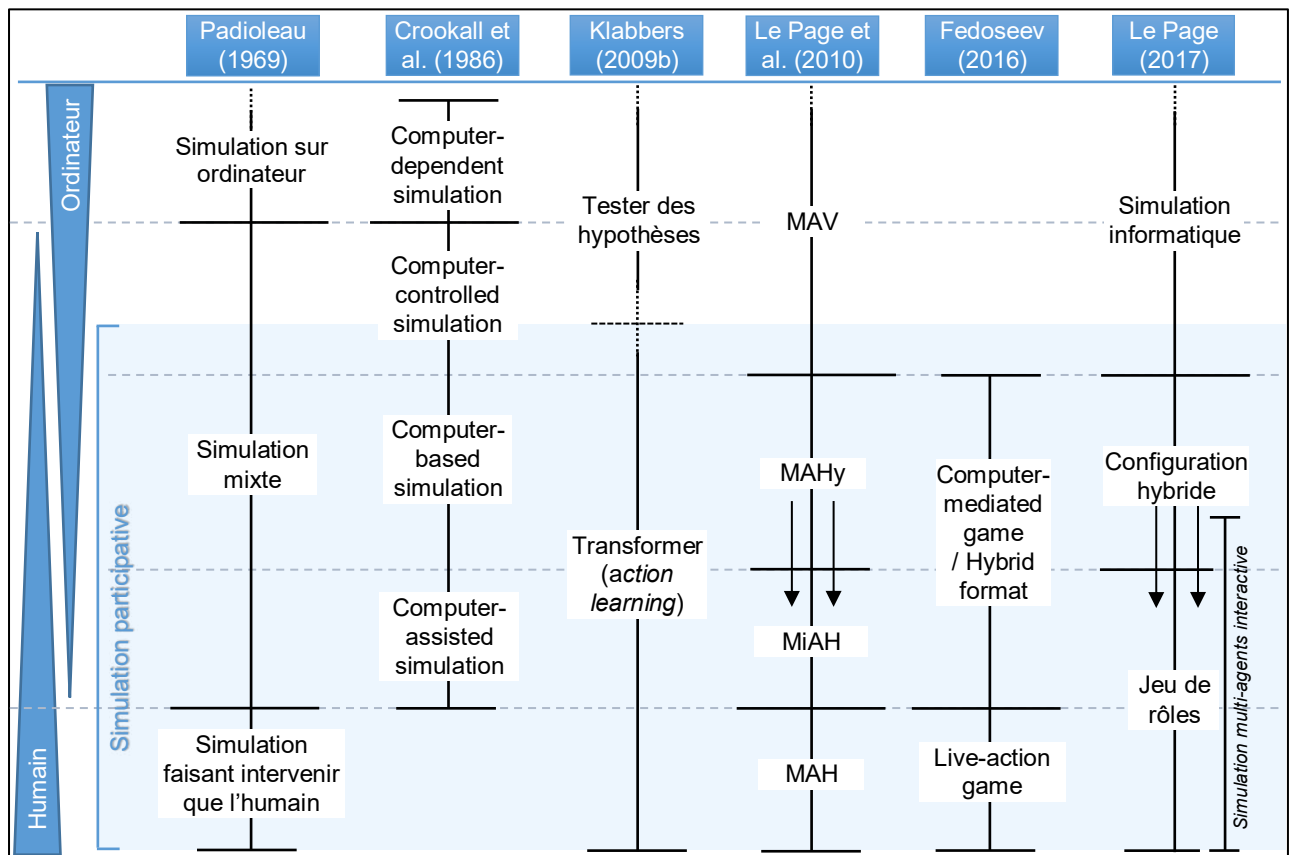


Figure 6 : Positionnement de la simulation participative parmi les classifications de formes de simulation de Padioleau, Crookall, Le Page, Fedoseev et Klabbers

Le domaine du *simulation and gaming*, dont les grands contours viennent d'être esquissés, est un domaine de pratique et de recherche qui a été extrêmement prolifique tout au long des 50 dernières années. Outre les thématiques et domaines d'applications qui peuvent varier, la pratique du *simulation and gaming* se divise en deux grands courants : l'utilisation des gaming/simulations pour la formation (enseignement, formation professionnelle, team-building, etc.) et l'utilisation des gaming/simulations pour le changement sociétal et organisationnel (aussi appelé *policy games*) (Mayer et al. 2013). Ces vingt dernières années, ces deux formes de pratique se sont également développées dans d'autres communautés de recherche. Toutes ne publiant pas dans la revue historique du domaine et différents groupes de recherche apparaissant, la visibilité du domaine du *simulation and gaming* dans le monde académique peut paraître moindre qu'auparavant. Pourtant, les praticiens du *simulation and gaming* continuent d'être très actifs et de renouveler leurs cadres de réflexion, comme en témoigne ce récent article de Heide Lukosch, membre du bureau de l'association ISAGA, sur l'usage des simulations jouées pour l'analyse et le design de systèmes complexes (Lukosch et al. 2018). Un autre témoin de cette activité est le travail réalisé par Igor Mayer et son équipe depuis un peu moins de dix ans autour de la plateforme MSP Challenge (Marine Spatial Planning)⁴². La plateforme est en fait une famille de dispositifs dédiés au domaine maritime comprenant une simulation hybride distribuée (Mayer et al. 2014b), un jeu de plateau (Keijser et al. 2018b), ainsi qu'une méthode de communication interactive et ludique intitulée « Living Q » (Ripken et al. 2018). Cette application concrète du *simulation and gaming* est utilisée auprès des acteurs politiques, des acteurs de la gestion des espaces maritimes ainsi que des étudiants, en formation. Elle constitue un bon exemple du type d'application et de recherche actuellement en cours dans le domaine du *simulation and gaming* (Mayer et al. 2014b, Jean et al. 2018, Keijser et al. 2018a, 2018b, Ripken et al. 2018, Abspoel et al. 2019).

⁴² <http://www.mspchallenge.info/>

3. Le jeu

Extrait de conversation

Moi : Est-ce que jouer c'est apprendre ?

Ma fille : Jouer comment ? Jouer d'un instrument ou dans la cour d'école ?

Moi : Jouer dans la cour d'école.

Ma fille : Oui, on apprend... les dangers, ...on apprend la sociabilité, la solidarité, ... et aussi l'amusement !

La pratique de la simulation participative se distingue assez nettement de la pratique du jeu, tant dans sa forme que dans ses objectifs. Toutefois, certains des concepts mobilisés et étudiés en sciences du jeu permettent d'apporter un éclairage intéressant sur des éléments de design des dispositifs de simulation participative. De plus, les praticiens de la simulation participative peuvent s'inspirer parfois des méthodes et des savoir-faire issus de l'univers du jeu. Ce chapitre aborde quelques des travaux menés dans ce domaine de recherche.

L'étude du jeu connaît plusieurs textes fondateurs. Sur le plan international, il s'agit notamment des livres de l'historien de la culture Johan Huizinga, *l'homo ludens* (Huizinga 1950) et du pédopsychiatre Donald Winnicott sur le rapport entre le jeu et la réalité (Winnicott 1971a). En France, ce sont notamment les livres du sociologue Roger Caillois, *Les jeux et les hommes* (Caillois 1958) et du philosophe Jacques Henriot, *Le jeu* (Henriot 1969). À l'international, les recherches se structurent autour du courant du *simulation and gaming* dans les années 1970 (cf. Chapitre §2.1). Plus récemment, avec l'impact des jeux vidéo, le courant des *game studies* prend son essor avec la parution du premier numéro de la revue éponyme en 2001. Cette revue ainsi que le courant de recherche qui lui est associé sont principalement centrés sur l'étude du jeu vidéo. En France, le diplôme en sciences du jeu (au sein des sciences de l'éducation) de l'université Paris 13 existe depuis 1981⁴³. Créé par Jacques Henriot et Gille Brougère, le diplôme enseigne une pensée sur le jeu qu'Henriot a formulée dans ses ouvrages fondateurs (Henriot 1969, 1989) et qui se concentre sur « *ce que veut dire le verbe jouer* » (Brougère 2013). L'accent est mis sur l'idée de jeu, sur l'analyse de l'acte de jouer et du joueur, et non sur la structure du jeu, le *game*. Durant les années 2000, la parution de différents numéros thématiques dans des revues en langue française contribue à structurer le domaine de recherche (P. Schmoll 2011a). La parution du numéro spécial « jeux et enjeux » dans la *Revue des sciences sociales* en 2011 (Le Bretron et Schmoll 2011) y contribue également remarquablement. La recherche en langue française dans le domaine des sciences du jeu va alors se positionner différemment de la revue *Game studies*. En effet,

⁴³ Il s'agissait d'un diplôme de DESS, la forme antérieure des Master actuels.

lors de la parution du premier numéro de la revue *Sciences du jeu* en 2013, qui faisait suite à une journée d'étude organisée en hommage à Jacques Henriot en 2012⁴⁴, le comité de rédaction prend soin de préciser que la « *French touch* » des sciences du jeu, qui se situe dans la filiation de Caillois et d'Henriot, étudie tous les objets ludiques (dont, mais non exclusivement, les jeux vidéo).

Pour définir cette approche « à la française » du jeu, je présente dans un premier temps les travaux de Gilles Brougère, qui codirige la revue *Sciences du jeu* et est responsable de la spécialité « Sciences du jeu » du master en sciences de l'éducation de l'université Paris 13. Dans les chapitres suivants, j'examinerai différents travaux conceptuels (l'attitude ludique, le pouvoir d'agir) et pratiques (l'indice de ludicité, les mécaniques et les éléments de jeu), avant de conclure sur des éléments de réflexion sur la culture ludique.

3.1. Qu'est-ce que le jeu ?

Ludwig Wittgenstein, qui développe une philosophie du langage dans les années 1930, montre qu'il est impossible de donner une définition simple du terme de « jeu », bien que chacun d'entre nous soit capable d'en reconnaître un lorsqu'il en voit un (Wittgenstein 1953). Pour expliquer ce qu'est un jeu, Gilles Brougère commence par rappeler qu'il existe trois niveaux d'usage dans la langue française du terme « jeu » (Brougère 2017) : le jeu comme matériel (une carte de jeu, une boîte de Monopoly) ; le jeu comme système d'action : les règles d'un jeu, les instructions d'une activité ludique (ce sens correspond à celui du terme anglais « Game », ou « structure » tel que présenté par Henriot (Henriot 1969) ; le jeu comme activité, c'est-à-dire « Jouer ». Gilles Brougère réfute l'idée d'une définition unique de l'activité de jouer qui risquerait de cloisonner la pratique en excluant de nouvelles formes ou transformations. Il préfère utiliser une grille d'analyse du jeu qu'il nomme le pentagone ludique (Brougère 2005, 2010). Le pentagone ludique présente cinq dimensions qui participent à caractériser ce qu'est un jeu (Figure 7). Parmi ces cinq dimensions (2 + 3), les deux premières sont essentielles à l'activité de jouer.

⁴⁴ Les vidéos de cette journée d'étude intitulée « 30 ans de sciences du jeu à Paris 13 : hommage à Jacques Henriot » sont disponibles en ligne : <https://www.youtube.com/playlist?list=PL9SOLKoGiberRtgQVqIKXwBPXFI4mFKIm>.

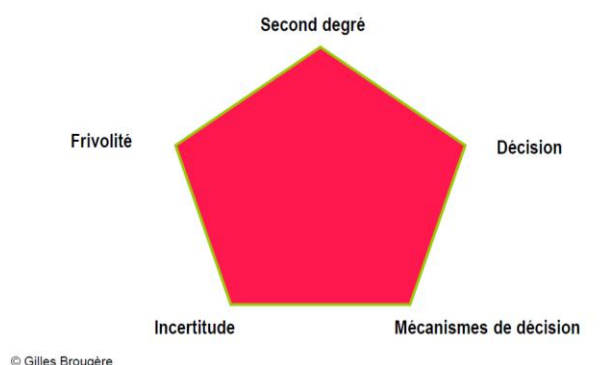


Figure 7 : Le pentagone ludique (source : Brougère 2015)

Les mots et concepts qui suivent sont directement issus des écrits de Gilles Brougère (Brougère 2010, 2012) et de ses conférences (Brougère 2015, 2017)⁴⁵.

- Le second degré. Jouer c'est du faire semblant. Quand on joue, on fait en faisant mais sans faire⁴⁶. Ce n'est pas tant l'activité en elle-même qui fait jeu, mais le cadrage que l'on donne à l'activité. Toute activité peut devenir un jeu, si on donne un cadre de jeu à celle-ci. À l'inverse, un jeu s'arrête d'être un jeu si son cadrage devient subitement du premier degré (jouer à la bagarre s'arrête d'être un jeu si on ne fait plus semblant de porter un coup). Mais le second degré ne suffit pas à comprendre ce qu'est le jeu.
- Jouer c'est décider. Le jeu est constitué d'une succession de décisions. Il y a véritablement jeu à partir du moment où les joueurs prennent des décisions. À l'inverse, un joueur qui ne prendrait jamais part aux décisions proposées dans le jeu, ne serait pas en train de jouer. La décision est au cœur de l'activité de jouer⁴⁷ et revêt un caractère particulier : elle est toute puissante. Dès qu'on décide quelque chose dans un jeu, quelque chose se produit. C'est l'aspect performatif du jeu.
- Le jeu s'organise autour de mécanismes de décision, c'est-à-dire du système qui construit la façon dont on prend les décisions dans le jeu. Le jeu suppose une adhésion aux mécanismes de décision par les joueurs (sans quoi il n'y a pas jeu). Ce système de mécanismes de décision est différent de la règle. Des joueurs peuvent ne pas suivre les règles tout en restant dans le jeu, du moment qu'ils restent dans le cadre admis des mécanismes de décision mis en place par les joueurs.
- L'incertitude. Le résultat d'un jeu est incertain. Si on sait comment va finir un jeu, ce n'est plus tout à fait un jeu. En ce sens, l'improvisation théâtrale, est assez proche du jeu. Le jeu est différent d'un

⁴⁵ L'enregistrement de certaines de ses conférences est disponible en ligne : <http://www.crdp-lyon.fr/podcast/conference-jeu-et-education>.

⁴⁶ Il ne s'agit pas pour autant d'une fiction. Les joueurs sont pleinement investis dans l'activité de jouer. Ils sont notamment investis émotionnellement au travers de leurs comportements, de leurs sensations, de leurs pensées et de leurs interactions durant l'activité (Jones 2004).

⁴⁷ Si la décision est au cœur du jeu, la notion de liberté n'aide pas réellement à comprendre ce qu'est le jeu. Ce n'est pas parce qu'on entre librement dans une activité de jeu qu'on est un joueur. De même, on peut être contraint/forcé de participer à un jeu, et ensuite adopter une attitude ludique dans le jeu.

rituel, puisque dans ce dernier, on a une vision de l'achèvement. Un jeu est un équilibre entre trop et trop peu d'incertitude.

- La frivolité. Ce qui fait le jeu, c'est la minimisation des conséquences. Dans un jeu existe la possibilité de tenter quelque chose, sans risque. C'est l'aspect de frivolité du jeu. La frivolité, c'est le contraire du sérieux (le sérieux étant entendu comme ayant des conséquences), ce qui laisse entrevoir une ambiguïté épistémologique dans la notion de « jeu sérieux ».

Au sujet de la frivolité, Schmoll citant Winnicott⁴⁸ apporte un complément intéressant : « *Le jeu constitue un espace transitionnel, qui offre des ressemblances avec le monde réel mais qui, par différence d'avec lui, préserve celui qui s'y aventure des dangers qui peuvent s'y présenter. C'est un lieu où il est possible d'expérimenter parce que l'échec des tentatives n'est pas sanctionné par une perte irréversible, par une atteinte grave de l'intégrité physique, voire par la mort.* » (Winnicott 1971b cité par P. Schmoll 2011a).

Une autre précision à apporter relative à l'énoncé de Brougère concerne les mécanismes de décisions. Brougère précise bien que ceux-ci sont différents de la règle (ou système de règles, voir section E.1 du lexique). La nuance vient de la différence entre la structure de jeu (*game*) et l'activité de jouer (*play*)⁴⁹. Le système de règles et les mécaniques de jeu qui lui sont associées participent à définir la structure de jeu. Les mécanismes de décision quant à eux sont relatifs à la façon dont les joueurs vont manipuler les mécaniques de jeu et, éventuellement, les modifier et les transformer, tout en restant dans le jeu.

Le pentagone ludique présente l'intérêt de proposer un outil synthétique, qui permet de penser ce qu'est le jeu et l'activité de jouer. Il s'applique aussi bien à l'activité de jouer dans la cour de l'école qu'à celles de jouer une pièce de théâtre, de participer à une simulation jouée ou à une simulation participative. Les concepts du pentagone ludique sont remobilisés à plusieurs reprises dans la suite de cet ouvrage.

⁴⁸ Donald Winnicott est un pédopsychiatre et psychanalyste britannique qui a essentiellement écrit des textes sur ses cas cliniques et ses réflexions théoriques et qui, occasionnellement, en a rassemblés certains dans des ouvrages. Son chapitre sur les objets transitionnels dans son livre *Playing and reality*, est paru en 1971 (Winnicott 1971b) et a été traduit en français sous le titre *Jeu et réalité*. L'espace potentiel (Winnicott 1975), est basé sur une hypothèse qu'il a initialement formulée en 1951, et qu'il a éprouvée et vérifiée par la suite au travers de différents exemples cliniques.

⁴⁹ Le domaine d'activité consistant à jouer peut quant à lui se traduire par « gaming ». Mais le terme anglais de « gaming » renvoie tout autant à l'attitude qu'à l'environnement. Il n'existe pas de traduction française satisfaisante du terme.

3.2. L'attitude ludique, la situation ludique, l'activité ludique

Un autre apport de la pensée d'Henriot sur le jeu réside dans la compréhension de l'attitude ludique. Henriot et les auteurs qui ont travaillé à sa suite ont réalisé un travail de fond minutieux, qui permet aujourd'hui de mieux comprendre ce qu'est une activité ludique.

Repartant du constat d'Henriot et de Brougère que la structure et la situation ludique « ne font pas jeu » (c'est-à-dire ne suffisent pas à faire un jeu), Sébastien Genvo explore ce qu'il nomme la « ludicisation ». Dans le numéro spécial « Jeux et Enjeux » de la *Revue des sciences sociales*, Genvo (2011) s'interroge sur la définition même du jeu et sur la façon de penser de manière unifiée les multiples modalités d'apparition des phénomènes ludiques. Il estime qu'il n'existe pas de définition objective du jeu : « *c'est le joueur qui fait le jeu, en "ludicisant" des objets et des espaces, dont certains ne sont pas forcément conçus au départ à cette fin* » (Genvo 2011). Le terme « ludicisation », renvoie aux processus consistant à faire entrer un objet dans le monde du jeu. Ces processus de ludicisation consistent en des agencements de structure de jeu, de fiction (qui renvoie aux mondes intérieurs) et de contexte pragmatique (qui renvoie à la réalité extérieure). Ces trois éléments créent l'attitude ludique. Genvo indique alors qu' « *analyser les agencements produits par l'acte ludique c'est à la fois comprendre comment les règles prennent forme dans un contexte pragmatique donné (qui va aussi avoir une incidence sur leur formulation), comment ce contexte fournit un certain support de fiction, et comment cette fiction est régie par des règles dont elle permet conjointement l'appréhension* » (Genvo 2013).

Lardinnois quant à lui propose de penser l'activité ludique comme la résultante d'une situation ludique et d'une attitude ludique (Figure 8).

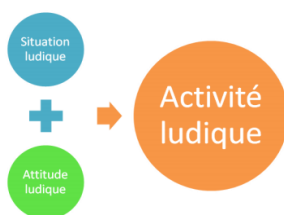


Figure 8 : L'activité ludique se produit lorsque l'individu adopte une attitude ludique dans une situation ludique qui s'offre à lui (source : Kherbouche 2016 adapté de Lardinnois 2015)

La situation ludique se définit au travers du matériel proposé, du système de règles, de l'espace et du temps de jeu ; on parle de situation potentielle de jeu (Lardinnois 2000). En effet, la situation ludique ne suffit pas en elle-même à « faire jeu » (à faire que l'activité soit un jeu). Pour qu'il y ait jeu, il faut également qu'il y ait l'acte de jouer. La situation ludique est donc le support à un éventuel acte de

jouer ; elle offre les conditions essentielles à sa réalisation. L'acte ludique se produit lorsque l'individu adopte une attitude ludique (Lardinois 2000). Cette attitude, au sens d'Allport (1935) puis de Rosenberg et Hovland (1960), s'appuie sur un ensemble d'informations portant sur l'objet évalué et progressivement accumulé par l'individu (composante cognitive). Elle comporte également une composante affective relative à une évaluation positive ou négative de la situation de jeu. Enfin, elle consiste en une disposition à agir de façon favorable ou défavorable vis-à-vis de l'objet (intention comportementale) ; c'est la composante conative (Figure 9). Lorsqu'un individu adopte cette attitude ludique et que la situation ludique qui lui est proposée le lui permet, il passe à l'acte de jouer ; on peut alors parler d'activité ludique (il y a réellement « jeu »).



Figure 9 : Les trois composantes de l'attitude (source : i-manuel.fr)

Généralement, l'attitude ludique est persistante, mais elle est susceptible de se modifier au cours d'un temps de jeu, par exemple en raison d'un événement extérieur à la situation ludique (tels un bug informatique dans le cas d'un jeu informatisé ou la visite d'un élu important en plein milieu d'un atelier de jeu) (Lardinois 2015). Enfin, son intensité peut largement varier ou garder un état de neutralité au cours du jeu.

3.3. Le pouvoir d'agir dans un jeu

Les notions d'attitude ludique et d'activité ludique permettent également de mieux comprendre ce qu'offre le jeu en termes d'espace de décision, par rapport à une situation réelle. Pour cela, rappelons tout d'abord que les trois dimensions de l'attitude ludique, cognitive, affective, conative, sont empruntées à la théorie tri-componentielle des attitudes de la psychologie sociale (Figure 9), décrite notamment par Rosenberg et Hovland (Rosenberg et Hovland 1960)⁵⁰. En psychologie sociale, le concept d'attitude permet de distinguer le « vouloir » du « faire ». Une personne peut manifester une attitude vis-à-vis d'une d'action (vouloir relocaliser les habitations en zone à risques), mais sans passer à l'action. Le « biais », c'est-à-dire la différence entre l'attitude et l'action, s'analyse notamment en comparant chez les individus les corrélations entre leur attitude (le vouloir), leur comportement (le faire) et leur environnement (le pouvoir faire). Dans un jeu, le « pouvoir faire » est maximisé, d'une

⁵⁰ Depuis la formulation de ce cadre en 1960, plusieurs « modèles tripartite révisés » ont été proposés pour expliquer plus finement ce qui constitue une attitude et comment elle influence le passage à l'acte (Zanna et Rempel 1988, Lafrenaye 1994). Néanmoins, le cadre simple du modèle tripartite de 1960 suffit ici pour développer notre propos.

part par la situation ludique qui met à disposition de l'individu un ensemble d'éléments qui rend l'action opérable (aspect performatif du jeu)⁵¹, d'autre part par le second degré et la frivolité du jeu, qui minimisent les conséquences des décisions qui sont prises dans le jeu. Ainsi, si l'on se place du point de vue d'un individu mis en situation de jeu, son comportement va principalement dépendre de son attitude, car l'environnement de la prise de décision dans un jeu est peu contraignant.

Ce pouvoir d'agir qui est exacerbé dans le cadre d'un jeu, a des répercussions importantes sur la façon dont on instrumentalise le jeu, et permet d'expliquer différents usages existants des dispositifs de jeu en dehors de leur objectif de divertissement.

- Un dispositif de jeu peut être utilisé pour étudier les comportements d'un individu en fonction de différents facteurs environnementaux. En créant une structure de jeu dans laquelle les facteurs environnementaux supposés impactés la décision sont contrôlés, un observateur peut mieux comprendre l'attitude et les choix d'un individu. Selon cette logique, l'économie expérimentale met en place des protocoles d'expérience en isolant les facteurs environnementaux un à un. Par exemple, on demande à une personne de voter vert, jaune ou orange sans autre information dans un premier temps, puis on répète l'expérience en indiquant à la personne que voter jaune aura pour conséquence de favoriser les oranges.
- Un dispositif de jeu peut être utilisé pour travailler avec les participants sur l'identification des facteurs environnementaux qui, dans la réalité, les empêchent de prendre telle ou telle décision. Pour ce faire, dans un premier temps, on met en œuvre le jeu ; la situation de jeu doit minimiser les contraintes liées aux facteurs environnementaux. Puis, dans un deuxième temps, on débriefe sur ce qui s'est passé dans le jeu et on se demande si cela aurait été possible dans la réalité ou non. La comparaison permet d'identifier ce qui est bloquant dans la réalité. Ce travail réflexif est habituellement réalisé lors de la phase « passage du jeu à la réalité » du débriefing.
- Enfin, un autre usage de ce pouvoir d'agir tient à la modification de l'environnement de la prise de décision. On peut se servir de l'environnement de jeu pour modifier l'arène de décision, en faisant intervenir tel ou tel acteur, pour créer des situations de convergence ou entraver le jeu d'acteurs, en modifiant l'organisation du système d'acteurs, ou en modifiant les règles de prise de décision collective (Lapijover 2018). Cela peut être opéré à l'échelle du temps de jeu ou à celle d'un processus plus large. À l'échelle du temps de jeu, la modification du cadre de prise de décision s'opère par la création d'un espace de liberté qui passe par la pratique du jeu. Le Chapitre §5.3.1.3

⁵¹ Maximiser l'opérabilité des actions dans un jeu peut être réalisé de différentes manières. Par exemple, en concevant le matériel de jeu de telle manière que dès que le joueur clique sur un bouton, ou déplace une pièce, une chose se produit immédiatement. Il est aussi possible de faire intervenir l'animateur en cours de partie, pour débloquer une situation. Par exemple, au cours d'un atelier de jeu, si des joueurs ne peuvent pas réaliser une action car une certaine ressource leur manque (par exemple de l'argent), alors que cette action est importante pour les besoins pédagogiques du jeu, l'animateur peut changer les règles de jeu et leur donner la ressource manquante.

examinera cette dimension d'espace de liberté dans les jeux de rôles utilisés en modélisation d'accompagnement. À l'échelle plus large du déploiement d'un dispositif, la modification du cadre de prise de décision intervient quand, à la suite d'un atelier de jeu, on constate qu'un acteur est absent du jeu, et qu'on décide de l'inviter à participer au prochain atelier. Le Chapitre §5.4.1 qui porte le Design-In-the-Large d'un processus de modélisation d'accompagnement, montrera que cette stratégie inclusive n'est possible que lorsque les conditions d'une participation inclusive sont réunies.

Le pouvoir d'agir est également lié au concept de distance proposé par Henriot. Comme l'explique Bonenfant, « jouer [...] met à distance le joueur par rapport au non-jeu » (Bonenfant 2013). « Seule la distance établie par le joueur entre ce qu'il fait et le fait de le faire par jeu, ce survol et ce contrôle de soi permet de caractériser de manière strictement subjective la conduite que l'on qualifie de ludique » (Henriot 1989). Maude Bonenfant propose d'élargir le concept de distance en y adossant le concept de virtuel (Bonenfant 2013). Le jeu pris comme un exercice du virtuel renforce la part d'incertitude inhérente à la structure du jeu, en y adossant ce que le joueur projette sur le jeu. Aucun jeu n'est alors entièrement défini, sinon il n'y a plus de jeu. Le joueur peut s'approprier cette part virtuelle et créer des sens infinis et nouveaux (Bonenfant 2013).

Cette faculté de l'activité ludique à pouvoir donner du sens à une structure de jeu non-contraignante (le *free-play*, selon la typologie de Klabbers 2014) est un procédé largement utilisé en modélisation d'accompagnement, comme cela sera étudié par la suite.

Toutefois, ce pouvoir d'agir est très dépendant du cadre de jeu proposé. Par exemple, la psychologue Lydia Martin qui étudie dans sa thèse l'utilisation d'un jeu sérieux auprès de cadres, identifie et analyse les différents empêchements à la créativité liés au cadre de jeu (Martin 2015, 2018).

3.4. L'indice de ludicité

Les chapitres précédents ont montré que les foisonnants travaux en sciences du jeu ont conduit ses auteurs à s'interroger sur la part de jeu qu'il y a dans un jeu. Selon une approche pragmatique, Lardinois propose un outil d'analyse des jeux, qu'il nomme l'indice de ludicité, qui permet d'apprécier la ludicité d'une pratique ludique (Lardinois 2000). L'indice, ou plutôt les indices, se compose de cinq dimensions, chacune caractérisée par deux ou trois variables (Figure 10).

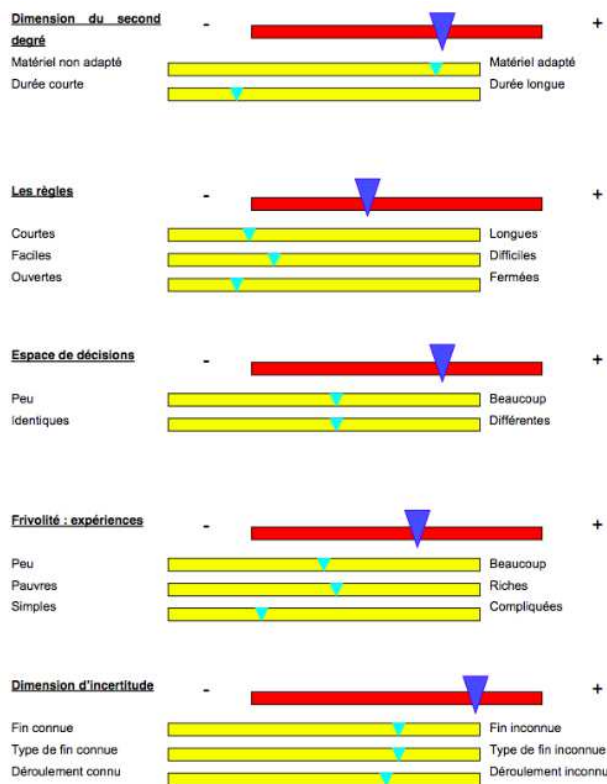


Figure 10 : Composition de l'indice de ludicité (source : Lardinois 2000)

Comme illustré par la Figure 10, les cinq dimensions reprennent celles de la situation de jeu proposée par Brougère (Brougère 1995). L'outil propose de caractériser par exemple la dimension du second degré par l'adaptabilité du matériel de jeu et la durée du jeu, et la dimension de l'espace de décision par l'abondance des règles et l'asymétrie entre les joueurs. La proposition formulée pour la dimension de l'incertitude est également intéressante. Lardinois distingue l'incertitude dans le déroulement du jeu et celle portant sur la fin du jeu. Ce cadre d'analyse permet de distinguer par exemple les jeux de société « à l'allemande » où le déroulement est connu et où l'incertitude réside dans le fait de savoir qui va gérer au mieux ses ressources, des jeux de rôles où le déroulement va dépendre tout du long du comportement des joueurs et où la fin du jeu peut être connue ou non, voire importe peu sur l'activité ludique.

Kherbouche (2016) a proposé dans son mémoire d'étudiant une application de l'indice de ludicité de Lardinois au jeu de scrabble. Néanmoins appliqué à un jeu unique, cet outil d'analyse a un intérêt limité. En effet, Lardinois estime que l'indice de ludicité doit être contextualisé en fonction de besoins spécifiques. Il vise plus à comparer des dispositifs de jeux entre eux en mettant en évidence les points communs ou les particularités des jeux étudiés (Lardinois 2000).

3.5. Les mécaniques de jeu

Ce chapitre cherche à présenter ce qu'est la structure d'un jeu. Un jeu est un système de règles. Mais, une multitude de pratiques existent et il serait impossible d'expliquer ce qu'est la structure d'un jeu à partir de cette diversité de pratiques. Ce chapitre s'intéresse donc plutôt aux travaux qui portent sur l'analyse de la méta-structure des jeux, c'est-à-dire les différents types de composants d'un jeu et comment ils s'agencent. Deux travaux ayant cette portée d'analyse méta sont particulièrement intéressants : l'un porte sur les jeux vidéo et l'autre sur les jeux de société.

Avant de commencer, précisons, s'il est encore utile de le rappeler, que la structure n'est qu'une partie de ce qui fait le jeu. Comme indiqué précédemment, le jeu est une attitude et la structure de jeu n'est qu'un système de règles présenté aux joueurs, qu'ils peuvent suivre ou non, et qui leur permet de vivre une expérience ludique.

Les chapitres précédents consacrés au jeu ont porté sur l'attitude de jeu, à ce qui fait jeu dans le jeu. Ce chapitre traite de la structure de jeu et plus précisément des mécaniques de jeu⁵². L'objet de ce chapitre n'est pas d'analyser comment les mécaniques de jeu construisent la situation ludique, mais plus modestement de donner à voir la diversité des mécaniques de jeu qui existe. En effet, comme énoncé en introduction, nous connaissons aujourd'hui une multitude de pratiques associées à l'utilisation de jeux et de simulations. Or, de cette diversité découlent de nouveaux modes d'application qui se reflètent en partie au travers de la diversité et de l'innovation en matière de mécanique de jeu.

Dans ce chapitre, j'ai donc voulu croiser des travaux venant d'univers différents, qui ont cherché à recenser les mécaniques de jeu existantes dans leur domaine. Je présente donc ci-dessous des travaux menés sur les mécaniques de jeu utilisées dans les jeux sérieux et dans les jeux de société. Au chapitre suivant, j'explorerai les éléments de jeu utilisés dans ces deux champs d'application ainsi que dans le champ d'application des moteurs de jeux de plateau en ligne.

3.5.1. Le modèle des Briques Gameplay

S'inspirant de la méthodologie de classification du conte de Propp (Propp 1928) et du concept d'atomes de jeu de Koster (Koster 2005)⁵³, Julian Alvarez, accompagné de ses collègues, dont Damien

⁵² Certains auteurs utilisent également la terminologie « mécanismes de jeu » (cf. lexique en fin d'ouvrage).

⁵³ La présentation de Raph Koster de Sony Online Entertainment à la Game Developer Conference de 2005 (Koster 2005), a également inspiré Stéphane Bura (Bura 2006). Tous deux proposent une grammaire du jeu qui décrit les règles constitutives du jeu sous forme de diagrammes qui montrent la relation entre une action et des modifications d'état causées par le joueur (événement).

Djaouti avec qui il a fondé le laboratoire associatif [Ludoscience](#) dédié à la recherche et au développement sur l'étude du jeu vidéo, pose les bases du modèle « Briques Gameplay » en 2006 et 2007 (Alvarez et al. 2006, 2007, Alvarez 2007, Djaouti et al. 2007, 2008). Ces auteurs définissent et classent les jeux sérieux selon des « briques de Gameplay », qui renvoient à des mécaniques de jeu spécifiques. Ces mécaniques consistent dans leur première version soit en des règles d'objectifs à atteindre, soit en des règles proposant au joueur des moyens pour atteindre ces objectifs (Djaouti et al. 2008). Depuis 2006, les travaux sur les Briques Gameplay faisaient état de dix briques : trois briques d'objectifs à atteindre (éviter, atteindre, détruire) et sept briques de moyens pour atteindre ces objectifs (créer, gérer, déplacer, aléatoire, choisir, tirer, écrire). Le modèle des Briques Gameplay, comporte également des metabriques qui permettent d'associer des Briques Gameplay. Les schémas de metabriques permettent de décrire la structure d'un jeu. La suite de ce chapitre, traite uniquement des briques « élémentaires »⁵⁴.

En 2018, Julian Alvarez étend ce modèle à l'aune des nombreux retours et critiques constructives qu'il a reçus de la part de praticiens et de chercheurs du domaine. La version 3.1 des Briques Gameplay (Alvarez 2018) comporte à présent quatre familles de briques : les objectifs et les moyens, mais également les conditions et les résultats.

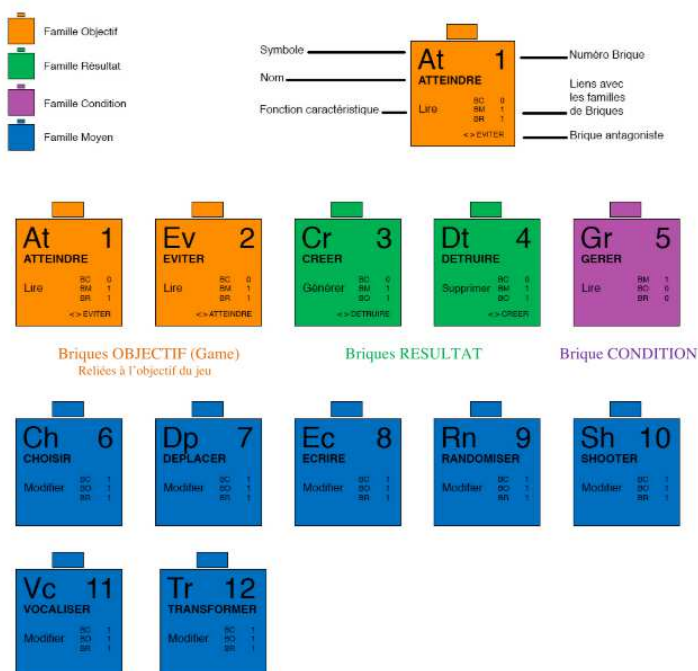


Figure 11 : Briques Gameplay, version 3.1 (source : Alvarez 2018)

Le modèle des Briques Gameplay est intéressant à bien des égards. Il permet de rassembler en un nombre restreint d'unités élémentaires un ensemble très large de possibilités d'action dans un jeu. Le

⁵⁴ Dans son dernier ouvrage (Alvarez 2018), Alvarez décrit des structures plus complexes comme des Briques Moléculaires, des Méta-Briques Moléculaires et des Méta-Molécules.

concept de brique permet d'associer plusieurs briques ensemble pour former des mécaniques de jeu plus complexes, comme la combinaison Déplacer+Choisir ou Choisir+Transformer. Alvarez et ses collègues ont ainsi développé une grammaire assez sophistiquée qui a notamment permis de répondre à un besoin de classification. En effet, l'une des motivations initiales de ce travail est de proposer un système de classement permettant à des utilisateurs de découvrir de nouveaux jeux en fonction des mécaniques de jeu qui leur plaisent (Alvarez et al. 2006, Djaouti et al. 2007). Les nombreuses réactions positives et critiques qu'ils ont reçus de la part de chercheurs et praticiens leur ont permis de continuer à développer le modèle, en proposant même une sémantique algébrique pour associer les briques entre elles (Alvarez 2018). Du point de vue du *game design* associé à la simulation participative, qui nous intéresse ici, le modèle des Briques Gameplay mériterait toutefois quelques adaptations. J'aborderai ces adaptations au Chapitre §6.3.5. Par ailleurs, les Briques Gameplay ayant été conçues pour le jeu vidéo, certaines paraissent peu pertinentes pour notre domaine d'application comme la brique Shooter ; à l'inverse, certaines mécaniques de jeu sont absentes ou insuffisamment détaillées par les briques proposées comme celles associées aux interactions entre joueurs. C'est pour cette raison que le chapitre suivant aborde un autre travail de recensement des mécaniques de jeu qui porte, lui, sur les jeux de sociétés.

3.5.2. Classification des mécaniques de jeu dans les jeux de société

Miguel Rotenberg a réalisé un important travail de recherche sur les jeux de société dans le cadre de son mémoire de master 2 en Sciences du jeu (Rotenberg 2015). Son objectif était d'analyser le fonctionnement structurel des jeux de société. Pour ce faire, il a compilé des outils théoriques décrivant le fonctionnement des jeux de société et a produit une classification des mécaniques de jeu. Sa classification, qu'il présente comme une étape de sa réflexion sur les jeux de société, est un outil d'analyse de la conception des jeux, riche d'enseignements.

Rotenberg recense 71 mécaniques de jeu qu'il a choisi d'arranger selon trois grandes facettes d'un jeu de société : les matériels de jeu, les interactions entre joueurs et les compétences des joueurs (Figure 12).

Facette n°1 : Matériel de jeu	Plateau	Structure et déplacements	Déplacement sur grille Déplacement en zones Déplacement point à point Parcours	
		Transformations	Plateaux modulaires Placement de tuiles Exploration	
		But du jeu	Contrôle ou influence de zones Encerclement de zones Connexions	
	Pion	Actions	Déplacement	Élimination
			Capture	Empilement
		Comportement ou fonction particulière	Promotion	Récolte / Semailles
			Conflit / Combat	Pierre-feuille-ciseaux
	Gestion de ressources	Accès	Chaufeur-livreur	Lancer et déplacement
			Un pion pour tous	Enchères
		Spéculation	Draft	Pool Building
			Pari	Transmutation de ressources
	Gestion de l'info	Arrangement	Pousse ta chance	Collection / Famille
Combinaisons			Construction de patron	
Production d'aléa		Lancé de dé	Tirage ouvert	
Gestion de main	Informations secrètes	Tirage fermé	Programmation	
		Objectif secret	Unité secrète	
	Levées	Défausse	Carte-action	

Facette n°2 : Interaction entre joueurs	Rythme	Tours	Points d'action Quantité variable de tours Ordre variable de tours
		Simultané	Frénétique Sans interaction Interruption
	Relations	Equipes	Jeu coopératif Rôle secret
		Diplomatie	Alliances réglées Alliances non réglées Jeu semi-coopératif Commerce
Ciblage	Asymétrie	Pouvoirs variables Handicap	
		Affrontement direct Ciblage obligatoire Blocage Course stricte	

Facette n°3 : aptitudes	Compétences artistiques	Mime	Dessin
		Narration	Chant
	Compétences psychomotrices	Observation	Rapidité
Action / Dextérité		Motricité fine	
Compétences de l'esprit	Mémoire	Bluff	
	Déduction	Connaissances	

Figure 12 : Classification des mécaniques de jeux de société (source : Rotenberg 2015)

La classification proposée ici diffère sensiblement dans sa démarche du modèle précédent. Rotenberg ne cherche pas à proposer un outil synthétique mais plutôt un recensement de mécaniques ordonnées en catégories. Le résultat est que pour un type de mécanique telle la production d'aléas, Rotenberg recense trois types de mécaniques, quand Alvarez n'en compte qu'une. L'autre apport de cette classification est l'identification de mécaniques liées aux interactions entre joueurs et de différentes mécaniques liées à la gestion des informations dans le jeu. Un autre type de mécanique qui ressort de cette classification des jeux de société est la gestion des ressources. Bien que présente aussi dans le modèle précédent, Rotenberg identifie ici les mécaniques liées à l'accès aux ressources, ce qui est particulièrement intéressant dans le cadre d'une réflexion sur la simulation participative. Enfin, cette classification a l'intérêt de présenter des mécaniques liées à la temporalité dans le jeu, avec la catégorie rythme, ce qui, dans le cas de la simulation, peut s'apparenter à distinguer les simulations discrètes (dont le déroulement est séquencé par des tours) des simulations continues (dont le temps est continu).

Deux modèles de classification des mécaniques de jeu viennent d'être présentés. Chacun de ces modèles est présenté par ses auteurs comme un travail en cours, qui va continuer de s'alimenter des retours de ses utilisateurs et de l'évolution des pratiques. D'ailleurs, le modèle des Briques Gameplay est versionné (celle présentée ici est la version 3.1) et Julian Alvarez propose une version

crowdsourcing⁵⁵ qui permet de faire évoluer le modèle en continu. À bien des égards, la classification de Rotenberg apparaît comme complémentaire du modèle de Briques Gameplay pour la réflexion sur le *game design* associé à la simulation participative. Les Briques Gameplay proposent un modèle synthétique et facile à aborder, alors que les travaux de Rotenberg axés sur les jeux de société permettent de faire ressortir les mécaniques liées au caractère multi-joueurs de ses jeux. Chacun de ces modèles a été une grande source d'inspiration pour penser le *game-design-in-the-small* de la simulation participative. Par conséquent, dans le Chapitre §6.3.5, je repartirai de ces travaux pour proposer une classification des mécaniques de jeu propre au domaine de la simulation participative.

Le chapitre suivant poursuit l'analyse de ce qui fait la structure d'un jeu. Pour pouvoir opérer les mécaniques de jeu qui viennent d'être présentées, il faut pouvoir leur donner une matérialité, qu'elle soit tangible ou numérique. Le chapitre suivant traite des éléments de jeu qui permettent de donner cette matérialité et il se concentre notamment sur ceux classiquement utilisés dans les jeux de plateau et les jeux de rôles.

3.6. Les éléments de jeu

La démarche que j'ai suivie dans ce chapitre pour présenter et recenser les éléments de jeu est la même que celle du chapitre précédent. Je me suis attaché à identifier des travaux proposant des classifications de ces éléments, à partir desquelles j'ai établi une classification propre, appliquée au domaine de la simulation participative. Ce travail de classification a également permis de mieux définir le vocabulaire associé aux différentes composantes du jeu. Le Chapitre §6.3.4 qui présente la sémantique de la simulation participative, s'appuie grandement sur mon analyse des travaux de classification.

Ce chapitre décrit les éléments de jeu et l'espace de jeu. Les éléments de jeu étant nombreux et variés, le lexique présenté en fin d'ouvrage permet de s'accorder sur le vocabulaire utilisé. La section E du lexique qui traite des éléments de jeu, et plus généralement des composantes de jeu, a été élaborée à partir de la comparaison de différentes classifications existantes, comme pour les mécaniques de jeu décrites plus haut. Pour ce faire, je me suis entre autres appuyé sur des classifications provenant de différents moteurs de jeux en ligne⁵⁶, notamment les moteurs de développement de jeu VASSAL et

⁵⁵ Version crowdsourcing du modèle des Briques Gameplay de Julian Alvarez : <http://bit.ly/2QugmmH>.

⁵⁶ Inventaire des moteurs de jeu en ligne recensés. Les sigles utilisés sont : JdS - jeu de société, JV - jeu vidéo, SP - simulation participative, (d) - développement en ligne, (j) - jouer en ligne, (f) - forum en ligne.

JdS (d&j) : [VASSAL](#) (moteur de jeux de plateau et de cartes, en téléchargement gratuit), [Tabletopia](#) (moteur de jeux de plateau, en ligne avec abonnement premium), [Gamestructor](#) (moteur de jeux de plateau, en ligne gratuit et indépendant)

JV (d) : [jMonkeyEngine](#) : moteur de jeu en licence libre, sous Java

JdS (j) : [Board Game Arena](#) (plateforme de jeux de plateau et de cartes, en ligne avec abonnement)

JdS (f) : [Gameboardgeek](#) (forum en ligne en anglais), [Tric Trac](#) (forum en ligne en français).

Tabletopia ; et j'ai étudié la documentation existant à leur sujet (Messina 2012) et les étapes de construction de jeu proposées.

Précisons tout d'abord qu'un jeu est composé de joueurs et de mécaniques de jeu⁵⁷ (cf. Chapitre §3.5), auxquels s'ajoutent des éléments de jeu, un espace de jeu, ainsi qu'un temps de jeu. L'espace de jeu peut être ouvert ou fermé, unique ou composite. Un jeu peut se dérouler dans le temps d'une session ou au cours de plusieurs sessions espacées dans le temps.

Venons-en à présent à la diversité des éléments de jeu utilisés, dont le Tableau 1 donne un aperçu⁵⁸. Ce tableau laisse apparaître des éléments liés à la représentation de l'espace (plateau, tuiles), des éléments représentant les entités situées ou non sur cet espace (pièce de jeu, qui se décompose en jeton et pion), des éléments liés au hasard (dé, sac ou pile dans lequel on pioche), des éléments servant d'indicateur (compteur), des cartes pouvant être piochées et/ou cachées (elles servent notamment à représenter des actions, en nombre limité, que le joueur peut effectuer au moment de son choix), ainsi que d'autres éléments dont la fonction varie.

Élément de jeu	Traduction anglaise	Tabletopia	VASSAL	VASSAL (modalités)
plateau	<i>board</i>	X	X	
grille	<i>grid</i>		X	hexagonal, rectangulaire, irrégulier ou multizones
tuile	<i>tile</i>	X		
pièce de jeu	<i>game piece</i>	X	X	taille, couleur, image, etc.
jeton	<i>token</i>	X		
pion	<i>pawn</i>			
pion en forme de silhouette	<i>meeple</i>			
carte	<i>card</i>	X	X	deux faces
pile	<i>stack</i>	X	X	
dé	<i>die</i>	X	X	
sac	<i>bag</i>	X		
compteur	<i>counter</i>	X	X	
boîte à musique	<i>music box</i>	X		
paravent ... autres ...	<i>screen</i>			
Autres composantes de jeu				
fenêtre de jeu	<i>window</i>		X	unique ou multiples
camp	<i>side</i>		X	joueur(s), arbitre ou observateur

Tableau 1 : Recensement des éléments de jeu utilisés dans VASSAL et Tabletopia, enrichi par quelques ajouts personnels

SP (j) : gumonji/Q (plateforme encore à l'état de développement, permettant de jouer en ligne à des simulations multi-agents participatives (Sawada et al. 2008, Yamane et al. 2009).

⁵⁷ Les mécaniques de jeu sont les procédés de mise en œuvre du système de règles.

⁵⁸ De multiples autres éléments et pièces de jeu sont utilisés dans les jeux de société. Plusieurs sites les recensent, comme [mykindofmeeple](http://mykindofmeeple.com).

Il est intéressant de noter que ce recensement partiel des éléments de jeu, permet de compléter les travaux antérieurs de Barreteau qui traitent des éléments d'équivalence entre jeu de rôles et système multi-agents (Barreteau 2007, p. 47). Ce dernier identifie les correspondances suivantes entre les deux formats : joueur->agent ; rôle->règle ; tour de jeu->pas de temps ; plateau de jeu->interface ; session de jeu->simulation. Le Tableau 1 fait apparaître de nouvelles correspondances, dont notamment compteur->indicateur et carte d'action des joueurs -> capacité d'action des agents. Comme présenté au Chapitre §5, cette correspondance d'architecture (Barreteau 2007) a conduit les chercheurs qui ont posé les premières briques de la modélisation d'accompagnement à expérimenter différentes combinaisons d'association entre jeu et simulation multi-agents.

3.7. La culture ludique

Pour clôturer ce tour d'horizon des travaux en langue française sur le jeu, il est intéressant de citer ceux de Patrick Schmoll sur la culture ludique. Dans son état des lieux des sciences du jeu, Schmoll estime que nos sociétés contemporaines semblent « *soumises à une tension résultant de deux mouvements contradictoires* » (P. Schmoll 2011a). D'une part nos sociétés sont « *organisées autour de la valeur travail* » et le jeu y est péjoré. En effet, la pensée cartésienne qui imprègne nos sociétés a tendance à opposer « *la raison et la passion, l'utile et le futile, le sérieux et le ludique, la réalité et la fiction...* » (Schmoll estime que cela est d'autant plus marqué en France). De fait, « *l'esprit de jeu est cantonné à des espaces et à des temps qui lui sont dévolus, repliés sur la sphère privée* ». D'autre part, nos sociétés sont marquées par la diffusion d'une culture ludique, où l'on joue à tout âge, à tout moment et en tout lieu. L'explosion des jeux vidéo, qui suscite l'attention grandissante des chercheurs (Rueff 2008), le succès des *serious games*, l'internet ludique et la diffusion de cette culture ludique semblent changer les mœurs et accorder une légitimité au jeu dans des espaces et des temps qui ne lui étaient pas dévolus auparavant, comme au travail.

4. Les jeux sérieux

Même si dans une majorité des cas, l'intention et le type de public diffèrent entre la pratique du jeu sérieux et celle de la simulation participative, il existe une certaine proximité dans les types de dispositifs employés. C'est pourquoi, de nombreux travaux sur les jeux sérieux percolent sur ceux de la simulation participative et que des croisements s'opèrent entre ces deux types de pratique. Ce chapitre vise à rendre compte de travaux dans le domaine des jeux sérieux afin de mieux appréhender les différences et les proximités avec la pratique de la simulation participative.

Le terme « jeu sérieux »⁵⁹ renvoie à toute utilisation de jeux informatisés dont la mission principale n'est pas le divertissement. Le jeu sérieux est particulièrement utilisé et étudié dans le milieu de l'enseignement et de la formation continue, même si ce ne sont pas ses seuls domaines d'utilisation. Le jeu sérieux est souvent dédié à un usage mono-joueur par une personne en autonomie (sans l'appui d'un facilitateur), bien que ce ne soit pas son unique mode d'usage. La littérature abondante sur les jeux sérieux, par exemple les travaux sur les effets de l'usage des jeux sérieux sur les apprenants, que ce soit en termes d'apprentissage ou d'engagement, ou encore l'analyse des mécanismes de jeu (cf. Chapitre §3.5.1) qui sert entre autres à la classification des jeux sérieux, constitue un matériau intéressant pour nourrir les réflexions sur la pratique de la simulation participative.

La suite de ce chapitre, présente dans un premier temps l'origine et les contours des jeux sérieux, et examine les différents types de jeux sérieux. La deuxième partie du chapitre présente la littérature sur les jeux sérieux qui traite de l'apprentissage, et celle qui traite de l'engagement. Souvent, ces deux effets sont abordés conjointement dans la littérature, mais j'ai choisi de les distinguer ici pour rendre compte de leur nature distincte. La conclusion de ce chapitre interrogera l'engouement actuel autour des jeux sérieux et ses possibles conséquences.

4.1. Les origines, les contours et le principe des jeux sérieux

4.1.1. Origines et contours

Djaouti et al. (2011) ont réalisé un travail remarquable pour retracer l'origine du « serious game ». Le terme « jeu sérieux » renvoie à un jeu dont le but principal n'est pas de se divertir ou s'amuser (Sawyer et Rejeski 2002, Michael et Chen 2005). Le terme en lui-même est pour de nombreux auteurs un oxymore. En effet, comme évoqué plus haut, la notion de jeu « *distingue l'utile et le futile, la réalité et la fiction.... Le jeu sérieux n'est, stricto sensu, pas un jeu, ou alors il lui faut gérer le paradoxe de la*

⁵⁹ Il n'y a aucune différence sémantique entre les termes « serious game » et « jeu sérieux », si ce n'est l'aspect attractif du terme anglais ; c'est pourquoi la terminologie française est utilisée dans cet ouvrage.

gratuité de l'action dans un dispositif fonctionnellement orienté vers une utilité » (P. Schmoll 2011b). Or c'est bien cette notion d'utilité qui caractérise l'usage des jeux dans de multiples domaines, que ce soit la santé, l'éducation, la gestion des ressources, le management ou bien l'aménagement du territoire. Pourtant, l'acceptation courante du terme « jeu » par la société pourrait être résumée en « *une activité libre qui se tient tout à fait consciemment hors de la vie "ordinaire" comme n'étant "pas sérieuse", tout en absorbant intensément et totalement le joueur* » (Huizinga 1950). Cette idée d'une déconnexion entre la pratique du jeu et la réalité est justement ce qui amène un certain nombre d'auteurs à employer de manière tout à fait consciente l'oxymore « jeu sérieux ». Le but est de mettre l'accent sur les implications importantes et tout à fait concrètes de « simples jeux », que ce soit dans l'activité de jouer, qui est la base même de l'apprentissage et de la découverte du monde chez l'enfant, comme le rappelle Klabbers (Klabbers 2009b), dans le fait de jouer à mentir, ou dans la pratique professionnelle de jeux de sports, de courses ou d'e-sports, comme le rappellent Djaouti et al. (2011). Abt, à qui on attribue souvent la paternité du terme « serious game » pour son livre éponyme (Abt 1970), indique que « *les jeux peuvent être joués sérieusement ou pour se divertir* ». C'est le jeu tout comme la posture « sérieuse » du joueur qui lui confèrent son caractère sérieux (Alvarez et Djaouti 2010). En ce sens, un jeu sérieux est un jeu qui n'a pas pour principal objet de divertir ou d'amuser (Abt 1970). Abt indique toutefois que cela n'implique pas que les jeux sérieux ne soient pas divertissants. Il est intéressant de noter que dans son livre, Abt ne fait pas référence aux jeux vidéo (Crookall 2010, Djaouti et al. 2011). Il suggère une acceptation large du terme, ce qui n'est plus forcément le cas aujourd'hui. En effet, le terme renvoie souvent à une simulation ou à un jeu informatisé utilisé pour la formation ou l'apprentissage (Crookall 2010). Djaouti et al. (2011) montrent comment la terminologie « jeu sérieux » commence à s'imposer à partir de 2002, date à laquelle ces auteurs situent le point de départ de la pratique actuelle du jeu sérieux. À cette époque, certains le définissent comme l'utilisation de jeux vidéo de divertissement, pour réaliser des simulations visant à améliorer les politiques publiques (Sawyer et Rejeski 2002). Rapidement, cette acceptation du terme est toutefois étendue à l'emploi du jeu vidéo pour améliorer les pratiques d'enseignement en classe ou en formation continue (Michael et Chen 2005, Zyda 2005). Puis, Sawyer étend encore la définition à « toute utilisation de jeux informatisés dont la mission principale n'est pas le divertissement » (Sawyer 2007).

Par ailleurs, Alvarez et Djaouti prennent soin d'écarter de l'appellation « jeu sérieux » les différentes formes de détournement de jeux vidéo (Alvarez et Djaouti 2010). Cette pratique, appelée le *serious gaming*, consiste à détourner des jeux de divertissement existants pour leur assigner des objectifs utilitaires, initialement non prévus par leurs concepteurs. Cet ouvrage retient la proposition d'Alvarez

et de Djaouti et réserve le terme de jeu sérieux à un jeu vidéo qui a été explicitement destiné par ses concepteurs à des finalités autres que le simple divertissement.

Crookall met en perspective le terme « jeu sérieux » dans un article de 2010, en rappelant qu'il s'agit d'une branche particulière de la pratique plus large du *simulation and gaming*, consistant à mobiliser les technologies informatiques et les graphismes vidéo avancés à des fins d'apprentissage et de formation. Le terme de jeu sérieux apparaissant plus simple, plus facilement mémorisable et ayant le vent en poupe, il suggère de l'utiliser comme synonyme d'une simulation jouée informatisée pour la formation ou l'apprentissage. À l'inverse de cette démarche inclusive, d'autres auteurs suggèrent de distinguer plus nettement les dispositifs éducatifs qui relèvent du jeu et ceux qui relèvent de la simulation. Par exemple, les Canadiens Louise Sauvé et David Kaufman les distinguent en ces termes : « *Le jeu est une situation fictive, fantaisiste ou artificielle dans laquelle des joueurs, mis en position de conflit [...], sont soumis à des règles qui structurent leurs actions en vue d'atteindre des objectifs d'apprentissage et un but déterminé par le jeu [...]. Au contraire, la simulation se veut un modèle simplifié, dynamique et juste d'une réalité définie comme un système. [...] La simulation n'implique pas nécessairement un conflit, une compétition, et la personne qui l'utilise ne cherche pas à gagner, ce qui est le cas dans le jeu* » (Sauvé et Kaufman 2010).

Si les auteurs qui viennent d'être cités se sont employés à retracer l'origine du terme et à le définir, il n'en reste pas moins que, dans la pratique, le terme de « jeu sérieux » peut être employé dans un sens très large, rassemblant parfois des usages qui n'utilisent pas la technologie informatique, voire dont l'intention est parfois plus participative qu'éducative. C'est pourquoi certains travaux sur les jeux sérieux seront abordés dans les chapitres qui traitent de la simulation participative⁶⁰.

4.1.2. Immersion et plaisir ludique : des principes de base

L'immersion est l'un des principes de base des jeux sérieux. Elle consiste à proposer à l'apprenant une situation virtuelle, un monde virtuel, dans lequel l'apprenant va pouvoir s'investir et échapper le temps du jeu au système de règles de la réalité qui l'entoure. Selon Koster, l'immersion est composée d'un investissement physiologique du corps dans l'activité immersive, d'un détournement de l'attention par l'immersion dans une fiction (aussi appelée « immersion narrative » ou « immersion fictionnelle »), et d'un engagement social de l'individu immergé dans le collectif (aussi appelé « immersion

⁶⁰ L'utilisation du terme jeu sérieux pour se référer exclusivement à un jeu informatisé n'est pas partagée par tous. Igor Mayer notamment, praticien de longue date du domaine du *Simulation and Gaming*, ainsi que ses co-auteurs comme Xander Keijsers, préfèrent utiliser de manière indifférenciée les termes « serious game » et « gaming simulation » (Mayer et al. 2014a, Keijsers et al. 2018b). De même, den Haan et van der Voort ainsi que Wietske Medema, dont les articles seront étudiés dans le Chapitre §7.1 qui porte sur la simulation participative (Medema et al. 2016, den Haan et van der Voort 2018), utilisent le terme de « serious game » pour parler de jeux informatisés ou non, et de *social-learning games*. Enfin, d'autres auteurs, comme (Dormans 2011), qui cherchent à faire la distinction entre un jeu informatisé et un jeu non informatisé, utilisent le terme « serious board game » pour parler d'une simulation jouée non informatisée.

anthropologique » ou « immersion sociale ») (Koster 2013). Les mécaniques utilisées pour favoriser l'immersion sont nombreuses et variées. Que ce soit le fait d'explorer des territoires virtuels ayant leurs propres codes et leur propre atlas ou d'être plongé dans une expérience sensorielle intense, ou encore d'être absorbé par la trame d'une histoire à rebondissements (domaine de l'immersion narrative), l'apprenant est capté par le dispositif qui lui est proposé. D'ailleurs, l'immersion n'est pas une expérience propre au jeu sérieux, ni même au jeu vidéo. Elle est présente dans l'exploration de l'espace numérique d'internet, et dans un grand nombre d'expériences esthétiques de la révolution industrielle (Boullier 2008).

L'avatar (la figure représentant le joueur dans le jeu) est l'objet « transitionnel » de l'immersion. Il est la forme par laquelle l'individu se présente aux autres et remplit plusieurs fonctions :

- Il facilite le sentiment d'évasion, par sa fonction de marqueur de la présence et de l'identité sociale de l'individu dans le monde virtuel.
- Il constitue un outil technique pour interagir avec le monde virtuel.
- Il est le média de l'expérimentation sociale de l'identité. Au travers de la « façade » que représente l'avatar, le joueur peut expérimenter plus facilement diverses formes d'interactions, entre son avatar et les éléments du jeu ou les avatars des autres joueurs (Koster 2013).

Le plaisir ludique rassemble tout aussi bien ce sentiment d'évasion et d'immersion que le sentiment d'adhésion à une culture partagée, à une manière d'être au monde qui met l'accent sur l'individualisme, la performance et l'affirmation de soi (Koster 2013). Dans cette perspective, certains étudient l'activité ludique comme une activité sociale à part entière, avec ses codes et ses valeurs. Ces travaux montrent que l'idée d'une séparation entre l'espace du jeu et la réalité sociale n'est pas tenable, car la pratique ludique s'inscrit dans une culture qui s'est construite socialement dans cette même réalité sociale (Koster 2013).

Le chapitre suivant parcourt différents travaux sur cette pratique très large du jeu sérieux, dans l'optique d'identifier des enseignements pour la pratique de la simulation participative, que ce soit en termes d'intention, de format de conception des dispositifs déployés, ou encore d'effets de l'usage de ces dispositifs auprès de ses utilisateurs.

4.2. Différents types et intentions de jeux sérieux

4.2.1. L'intention des jeux sérieux

L'intention correspond à la raison pour laquelle un jeu sérieux est déployé auprès d'un public. Elle est à l'origine de celui qui déploie le jeu sérieux, par exemple l'enseignant dans un cadre éducatif. Alvarez et Djaouti (Alvarez et Djaouti 2010) distinguent trois types de jeux sérieux :

- Les jeux sérieux à message : parmi ceux-là, on distingue des jeux sérieux visant à diffuser un message à caractère éducatif, un message à caractère informatif (par exemple un message préventif de santé publique) ou un message à caractère persuasif (visant à inciter la personne à faire quelque chose).
- Les jeux sérieux d'entraînement, dont le but est d'améliorer les capacités cognitives ou motrices des utilisateurs (par exemple s'exercer au calcul mental ou à la manipulation d'un engin).
- Les jeux sérieux de simulation qui plongent l'apprenant dans un environnement ou une situation correspondant à une réalité virtuelle vraisemblable.

Partant de cet inventaire, Alvarez et Djaouti identifient différentes intentions possibles à l'emploi du jeu sérieux : l'intention pédagogique, d'entraînement (de formation), informative, communicationnelle, marketing, idéologique, ou bien encore de collecte de données⁶¹ (Alvarez et Djaouti 2010).

Un « learning game »⁶² correspond à un jeu sérieux dont l'intention est pédagogique ou à but d'entraînement (Lavoué 2012). Il se distingue d'un Adverggame (jeu vidéo publicitaire) dont l'intention est communicationnelle ou marketing. Les « learning games » sont également différents des « policy games » (Duke et Geurts 2004), dont plusieurs exemples ont été présentés dans le chapitre consacré au *simulation and gaming*.

Parmi les jeux sérieux dont l'objet est de délivrer un message, on peut citer l'exemple du jeu *Pollutions-Solutions* développé par Juliette Rouchier (Rouchier 2018). Il est principalement destiné à des enfants de collège et est présenté comme un jeu sérieux dédié à l'éducation au bien commun. Dans ce jeu, le but n'est pas de transmettre une connaissance académique mais d'éveiller l'intérêt du public par rapport à une compétence abstraite, qui est la relation au bien commun. Pour cela, les utilisateurs sont invités à manipuler en situation protégée différents futurs possibles, à agir sur différents paramètres

⁶¹ Dans la base de données en ligne de jeux sérieux qu'ils gèrent (<http://serious.gameclassification.com>), ses auteurs ont plus récemment ajouté trois nouveaux types d'intentions : échanger des biens, raconter une histoire et exploiter une licence.

⁶² Le « game-based learning » est le domaine (ou le processus) lié aux *learning games*. Dans le domaine du game-based learning, on étudie des jeux dont le but premier est l'apprentissage ; ils peuvent avoir été développés à cet effet ou avoir été détournés de leur usage premier pour en faire un jeu dont le but premier est l'apprentissage (on est alors dans le cas de la pratique du *serious gaming* évoquée plus haut).

de l'action publique pour espérer obtenir des conséquences favorables au bien commun (Rouchier 2018).

Comme on le voit dans cet exemple, un *learning game* repose donc sur :

- Des prises de décision.
- Du contenu éducatif associé aux résultats des décisions prises pour que l'apprenant puisse évaluer la pertinence des choix qu'il a faits et ainsi corriger ses erreurs et apprendre (Lavoué 2012).

4.2.2. Différents formats de jeux sérieux à but éducatif

4.2.2.1. Du jeu sérieux mono-joueur en ligne aux plateformes professionnelles grand format

Les jeux sérieux, dont l'intention est de transmettre un message ou des compétences dans un but éducatif, peuvent être destinés à des enfants ou à des adultes⁶³. Squire et Jenkins (2003) ont montré la grande diversité des formats de jeux sérieux existants⁶⁴.

Un premier format est le jeu vidéo mono-joueur que l'on rencontre habituellement sur le net. Il s'agit de jeux sérieux dont le but est de comprendre des concepts et/ou le fonctionnement d'un système, par exemple un bassin versant, l'évolution des civilisations, l'acidification des océans, ou encore les systèmes de gestion des déchets⁶⁵ ou la gestion d'une entreprise. Ces jeux sérieux fonctionnent la plupart du temps comme des micro-mondes où l'utilisateur est mis en situation de gérer des ressources, d'associer des concepts et de réaliser un cheminement dans l'univers du jeu qui lui permet d'interagir avec le contenu éducatif proposé. La sophistication des jeux sérieux de ce type varie énormément. Certains, que l'on trouve sur le net, sont minimalistes. D'autres proposent des contenus permettant des séances de jeu de plusieurs heures, en 3D, et ayant nécessité plusieurs années de développement. Deux exemples de ce premier format de jeu sérieux sont [Le Bon, la brute et le comptable](#), un jeu sérieux pour saisir à quel point la corruption est banale, et [The Uber game](#), un jeu sérieux construit à partir de témoignages de chauffeurs Uber, qui nous plonge dans leur quotidien⁶⁶. Un autre type courant de ces jeux en ligne mono-joueur dont l'intention est de transmettre des connaissances est le quizz. Ces jeux-questionnaires peuvent être agrémentés d'images pour favoriser

⁶³ Parfois le terme « jeu éducatif » est réservé uniquement à des jeux sérieux destinés à des enfants. Ce chapitre se positionne dans le cadre du game-based learning qui, lui, ne différencie pas l'âge du public cible.

⁶⁴ Se situant dans le domaine du game-based learning, les travaux de Squire et Jenkins se réfèrent tout autant à des jeux sérieux qu'à du *serious gaming*.

⁶⁵ <https://www.sytrad.fr/jeux-interactifs.html>

⁶⁶ Plusieurs bases de données en ligne de jeux sérieux existent, notamment seriousgameclassification.com, serious-game.fr et blog.seriousgame.be.

l'immersion et de mini-activités ludiques pour favoriser le flow, et peuvent contenir plusieurs niveaux de contenu éducatif⁶⁷.

Un deuxième format est le jeu vidéo d'exploration individuelle, laissant place à la découverte et à l'imagination. Il peut s'agir par exemple d'une adaptation onirique d'une œuvre afin que l'utilisateur l'interprète de manière personnelle. Ce peut également être la découverte du tombeau de Toutankhamon, pour que l'utilisateur puisse s'imprégner de la portée historique de cette découverte. Dans ce type de jeu, « chaque élément est soigneusement conçu pour véhiculer une signification à la fois symbolique et littérale » (Squire et Jenkins 2003). Le jeu [Enterre-moi, mon Amour](#), qui raconte l'histoire de Nour alors qu'elle fuit la Syrie et tente de rejoindre l'Europe, est un bon exemple de ce type de jeu.

Un troisième format est le jeu-vidéo d'entraînement. Il s'agit ici d'un jeu visant à entraîner des étudiants ou des professionnels à gérer des situations d'urgence ou de crise. C'est par exemple le cas du jeu Biohazard: Hot Zone, destiné à aider les premiers intervenants d'urgence à faire face aux déversements toxiques dans des lieux publics. Le joueur effectue une course contre la montre pour sauver les civils. Le jeu consiste à analyser et à évaluer rapidement la situation, faire équipe, et comprendre les produits chimiques, les virus et les symptômes. Les participants apprennent également à quel point des comportements imprévisibles peuvent être très stressants dans des situations d'urgence. Un autre exemple similaire de dispositif d'entraînement est VULCAIN⁶⁸, un simulateur tactique conçu pour la formation nationale des sapeurs-pompiers à la gestion des dispositifs de lutte contre les feux de forêt. L'intérêt d'un tel dispositif est de pouvoir s'entraîner sans risque. Le jeu se joue seul, mais plusieurs postes sont installés durant une séance d'entraînement, qui dure en général une journée. Les joueurs peuvent ainsi expérimenter une multitude de conditions différentes, en examinant en quoi les stratégies doivent différer en fonction des conditions de l'environnement, de la propagation de l'aléa ou encore des configurations des équipes. Le but des apprenants est d'améliorer leur capacité à lire les situations d'urgence et à en prédire les résultats probables.

Le quatrième format correspond au jeu-vidéo multi-joueurs à but éducatif⁶⁹. Ce format permet aux utilisateurs de comprendre le fonctionnement de communautés ou de groupes sociaux, en reflétant leurs différents intérêts et leurs opinions, qui peuvent s'opposer. Il simule la vie sociale, économique et politique d'une communauté particulière. Il aide les apprenants à mieux comprendre comment et pourquoi les acteurs prennent certaines décisions. Par exemple, dans le jeu de rôles multi-joueurs

⁶⁷ Les sites <https://www.jeuxserieux.ca/> et <http://www.chouette.cool/> montrent des exemples de jeux-questionnaires. Certains de ces jeux peuvent être multi-joueurs.

⁶⁸ Vidéo du simulateur VULCAIN disponible : <https://www.youtube.com/watch?v=agZloeBOa0s>. Voir également le site du concepteur <http://www.vr-crisis.com/?article30>.

⁶⁹ *Multiplayer learning game* en anglais.

Revolution⁷⁰ développé par le MIT, les joueurs découvrent les forces sociales et politiques qui ont contribué à la révolution américaine. Ce type de jeu peut aider au développement d'un certain nombre de compétences, comme l'aptitude à la réflexion stratégique, à la planification, à la communication, à la collaboration, à la négociation ou à la prise de décision en groupe. Ce format de jeu sérieux multi-joueurs peut aussi très bien s'appliquer à la gestion collective des ressources naturelles ou à d'autres enjeux environnementaux ; il correspond à un emploi de la simulation participative dans un cadre éducatif (le chapitre suivant traite plus amplement de ce format).

Un autre format correspond à une extension du précédent ; il s'agit des MMORPG (Massively Multiplayer Online Role Playing Games), ou jeux de rôles massivement multijoueurs en ligne. Il s'agit de jeux vidéo proposant des mondes virtuels persistants, où une multitude de joueurs sont en situation d'interaction sociale. Ces jeux créent une réelle microsociété avec ses valeurs, ses activités, ses groupes sociaux, dans laquelle les joueurs doivent souvent collaborer pour résoudre des problèmes, en utilisant leurs connaissances et leurs capacités respectives. Les MMORPG sont développés dans un but de divertissement, mais leur usage peut être détourné dans un but de *serious gaming*. Par ailleurs, Patrick Schmoll et sa fille Laurence ont quant à eux développé il y a une dizaine d'année un prototype de MMORPG à but éducatif, spécifiquement dédié à l'apprentissage du français – le jeu Thélème⁷¹ (L. Schmoll 2011, Schmoll et Schmoll 2012, Schmoll 2016). Ce format de MMORPG est également exploré par différents praticiens de la Communauté francophone des sciences de l'éducation et de l'informatique, qui se retrouvent notamment lors de la conférence bisannuelle sur les environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH)⁷².

Le dernier format identifié par Squire et Jenkins est le jeu pervasif. Le jeu pervasif est un type de jeu qui intègre des interfaces émergentes (réseau sans fil, géolocalisation, capteurs) afin de créer une expérience de jeu qui combine des éléments des mondes réel et virtuel. Le terme vient de l'anglais « pervasive games » et correspond à un format proche de celui du jeu en réalité alternée. Un ambassadeur adéquat de ce type de jeu est Environmental Detectives⁷³. Le caractère novateur de ce type de jeu est engageant pour les élèves. Le rapprochement de la situation de jeu avec la réalité est particulièrement intéressant pour permettre à l'apprenant de contextualiser les informations que lui transmet l'interface de jeu avec des éléments d'observation ou de connaissance du monde réel. Le jeu

⁷⁰ <http://web.mit.edu/mitstep/projects/revolution.html>

⁷¹ [Les Eonantes](#) et [Thélème](#) – Deux jeux sérieux pour apprendre le français langue étrangère, le premier est un support didactique ludique permettant un accès différencié à une console enseignant et à une console apprenant, le deuxième est un jeu massivement multi-participants.

⁷² La conférence principale EIAH est bisannuelle ([EIAH2019](#), [EIAH2017](#), [EIAH2015](#)) et alterne avec les rencontres jeunes chercheurs en EIAH ([RJC EIAH 2018](#), [RJC EIAH 2016](#), [RJC EIAH 2014](#)). Les RJC EIAH de 2014 se sont tenues à La Rochelle (Caron et Champagnat 2014).

⁷³ <http://web.mit.edu/mitstep/ar/ed.html>. Dans l'univers du jeu vidéo à but de divertissement, un représentant du jeu pervasif est Pokémon GO (alors que le but premier de Environmental Detectives est éducatif).

pervasif apporte en outre des contraintes issues du monde réel dans la situation de jeu, notamment des perturbations qui vont troubler la situation de jeu (par exemple un lieu qui n'est pas accessible à cause de travaux, ou bien un groupe de personnes extérieures au jeu qui vient changer une situation de jeu). Le *gameplay* des jeux pervasifs devient alors proche de celui qu'on peut trouver dans des exercices de simulation grandeur réelle⁷⁴, qui sont notamment pratiqués dans le domaine de la sécurité et de la gestion de crise (exercices de simulation de catastrophes naturelles, d'évacuation en cas d'incendie, de sécurité dans un tunnel, d'attaque terroriste, etc.). Dans ces exercices, les joueurs doivent composer avec l'environnement réel, les délais d'exécution, la manutention d'objets et les biais de communication en situation réelle ; autant de facteurs qui entrent dans le *gameplay* et qui sont débriefés en fin d'exercice (voir par exemple l'exercice de simulation de crise « Leucate 2016 »⁷⁵ (Anselme et al. 2015).

Une autre pratique ludique commence également à se développer sous l'appellation « Playable City ». Initié par la ville de Bristol au Royaume-Uni en 2012, il s'agit de considérer les villes comme des lieux de jeux en introduisant des activités ludiques dans les aménagements urbains, et ce afin de rendre le citoyen acteur de son territoire. En pratique, il s'agit bien souvent de projets utilisant la technologie pour connecter les individus entre eux et leur environnement. Les jeux numériques proposés encouragent les citoyens à repenser et à proposer des améliorations concernant les services, les aménagements urbains et l'histoire de leur ville.

Ce chapitre a présenté la variété des formats des jeux sérieux, qui va du simple jeu sérieux mono-joueur sur internet à des formats professionnels extrêmement sophistiqués, avec des moyens financiers et humains considérables dédiés au développement, sans commune mesure avec ceux utilisés dans le cadre de la recherche. À ce compte, il n'est pas surprenant que nombre de praticiens du jeu sérieux ayant d'abord évolué dans un cadre de recherche se soient mis à leur compte ou aient été recrutés par des bureaux de développement dédiés aux jeux sérieux à destination des professionnels. Le marché du jeu sérieux éducatif est un secteur tout aussi florissant que celui de la démocratie participative (Mazeaud et Nonjon 2018). Le chapitre qui suit s'intéresse de plus près aux jeux multi-joueurs.

⁷⁴ La dénomination exacte des exercices de simulation grandeur réelle utilisés en France par la DGSCGC (Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises) est « exercice terrain ». Le terme apparaît dans l'annexe de la loi du 13 août 2004 sur la modernisation de la sécurité civile. Celle-ci définit deux types d'exercices de sécurité civile. « L'exercice cadres et d'états-majors » est un exercice sur table, en salle de crise, n'impliquant pas d'engagement de moyens sur le terrain. Les joueurs reçoivent des informations par radio, téléphone, fax, télévision, messagerie internet et doivent analyser, synthétiser, puis réagir, rendre compte, faire des propositions, définir des priorités et faire des choix. « L'exercice terrain » englobe les exercices où des hommes et des matériels sont déployés sur « le terrain ». Il permet notamment de tester en grandeur nature les délais d'acheminement et de mise en œuvre des matériels. Ce type d'exercice peut impliquer ou non la population (Direction de la sécurité civile 2011).

⁷⁵ Vidéo de l'exercice de simulation de crise Leucate : <https://youtu.be/Wq8jh2CjZOc>

4.2.2.2. Le cas des jeux sérieux multi-joueurs pour l'apprentissage social

Des exemples de jeux sérieux multi-joueurs ont été évoqués précédemment dont notamment le jeu Pollution-Solutions (Rouchier 2018). Ce type de jeux est particulièrement intéressant, car, comme l'a montré Élise Lavoué (Lavoué 2012), leur intention est éducative et ils s'appuient sur les interactions entre les joueurs pour produire un apprentissage, que l'on nomme apprentissage social⁷⁶. Les « social learning games »⁷⁷ sont des jeux qui améliorent l'apprentissage en proposant à un groupe de personnes, que l'on appelle une communauté d'apprentissage, des contenus éducatifs conçus selon un scénario d'apprentissage défini, et en offrant à cette communauté les conditions propices à un apprentissage social (Lavoué 2012). Ces jeux visent à combiner deux types d'apprentissage, celui par le jeu et celui social, dont l'entrelacement est susceptible d'améliorer l'apprentissage en termes de connaissances cognitives et d'acquisition de compétences (Lavoué 2012).

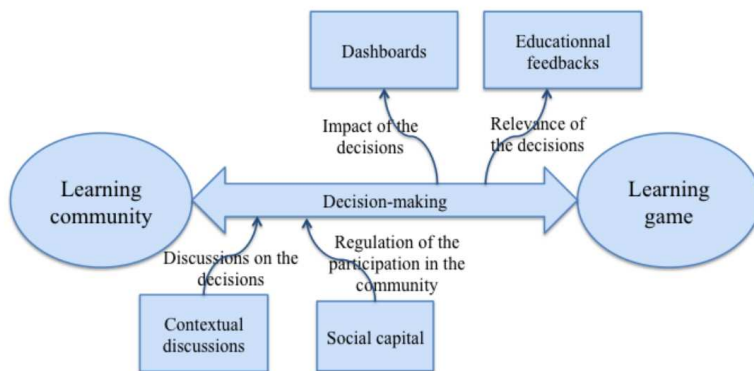


Figure 13 : Les composantes des social learning games (source : Lavoué 2012)

Les composantes d'un *social learning game* identifiées par Lavoué sont (Figure 13) :

- Des prises de décision et du contenu éducatif associés aux résultats de décisions, ce qui est commun à tous les *learning games*.
- Des discussions contextualisées pour aider à la prise de décisions.
- Du capital social qui s'accumule au cours du jeu et reflète le niveau de participation des participants à la communauté.

⁷⁶ Dans leur réponse à un article, Reed et al. (2010) proposent d'associer le terme d'apprentissage social aux apprentissages qui se produisent au travers des interactions sociales. Ces interactions ont lieu à différentes échelles : à l'échelle d'un temps collectif au cours duquel des débats et des échanges d'idées entre les participants ont lieu ; ainsi qu'à l'échelle plus large du réseau d'acteurs (e.g. le réseau des arènes de l'action d'un territoire) au sein duquel des idées circulent, des retours d'expérience sont échangés et des propositions sont faites. Dans la suite de ce travail, le terme d'apprentissage social est la plupart du temps utilisé en référence aux apprentissages se produisant à l'échelle d'un temps collectif, par exemple le temps d'un atelier de jeu.

⁷⁷ Les « social learning games » sont un type de *learning game*. Ce qui les différencie des *multiplayer learning games*, c'est qu'ils sont conçus explicitement pour offrir un cadre propice à l'apprentissage social.

- Un dashboard, qui est un tableau de bord présentant des indicateurs sur la participation des membres de la communauté et sur l'impact de leurs décisions à différents niveaux : au niveau individuel, au niveau de l'ensemble des joueurs ayant le même rôle, et au niveau de l'ensemble de la communauté. Ce tableau de bord permet au joueur de se positionner et de l'amener, par une pratique réflexive, à se poser des questions sur ses choix et sa contribution au collectif (Lavoué 2012).

Ce chapitre a permis d'examiner les différents formats de jeux sérieux qui existent ; et plus précisément les *social learning games*, dont l'intention et le format sont particulièrement proches de la pratique de la simulation participative. Avant d'étudier les travaux réalisés au sujet des apprentissages produits par la pratique du jeu sérieux, le chapitre suivant examine un dernier format, le *serious gaming*, et son application à la géographie.

4.2.3. Le cas du *serious gaming* en géographie

Ter Minassian et Rufat ont étudié le détournement des jeux vidéo de divertissement pour apprendre (*serious gaming*) la géographie (Ter Minassian et Rufat 2008). Ils expliquent dans un premier temps que l'espace est une composante quasi-incontournable des jeux vidéo. Ils montrent par ailleurs que les jeux vidéo proposés par l'industrie du divertissement intègrent parfois dans leurs mécaniques de jeu bien plus de données et de modélisations des mécanismes géographiques que celles que l'on trouve habituellement dans les jeux sérieux (les auteurs appellent ces jeux sérieux des simulations urbaines didactiques : Rufat et Minassian 2012). Ces auteurs se sont notamment intéressés à SimCity et Civilization, deux jeux de simulation mono-joueur, l'un de gestion et l'autre de stratégie et de gestion. Le joueur est mis en situation de développer, dans un cas une ville, dans l'autre une civilisation. Les auteurs montrent que l'usage de ces jeux dans un but éducatif est intéressant, car ils simulent la complexité du réel et en particulier celle des mécanismes géographiques⁷⁸. Ainsi, la modélisation repose notamment, dans le cas de SimCity, sur des modèles [centre/périphérie](#), [rente foncière](#), [distance-temps](#), et [différentiation socio-spatiale](#) ; dans le cas de Civilization s'y ajoutent des modèles [gravitaires](#)⁷⁹, de [diffusion](#) et de [localisation](#) (Ter Minassian et Rufat 2008, Rufat et Ter Minassian 2012).

Jouer à ces jeux permet donc au joueur d'appréhender ces différents mécanismes géographiques. Toutefois, y jouer est différent de les concevoir et, en tant que tels, ces jeux n'expliquent pas les

⁷⁸ Il est intéressant de noter qu'au fur et à mesure des versions de ces jeux, la modélisation des mécanismes géographiques s'est de plus en plus appuyée sur des règles déterministes et sur des modèles classiques de géographie, et de moins en moins sur des algorithmes aléatoires

⁷⁹ En géographie, le modèle gravitaire (qui vise à expliquer la décroissance des interactions avec la distance) a été particulièrement réquisitionné à la fin du XXe siècle pour être étendu ou mis de côté au profit d'autres modèles d'interactions spatiales.

mécanismes géographiques qui les sous-tendent : « *in video games, most of the simplifications remain hidden to the player, and the underlying models are not explicit; rather, they are buried under the core-code of the software* » (Rufat et Ter Minassian 2012). Ces auteurs montrent donc que jouer à un jeu n'implique pas forcément de comprendre le fonctionnement de ses règles. Par ailleurs, l'usage de ces jeux vidéo de divertissement doit être encadré, car ils proposent bien souvent une vue orientée des processus. Cette « orientation » du jeu est le reflet de la représentation des concepteurs ; elle s'impose aux joueurs⁸⁰. Ainsi SimCity expose au joueur une vision de l'urbanisation quasi-uniquement basée sur le principe de l'étalement urbain, sans poser la question des conséquences de la perte d'espaces naturels ou agricoles. Civilization, de son côté, permet d'aborder l'aménagement régional mais exclut la grande majorité des mécanismes écologiques, imposant donc une vision du développement peu soucieuse de l'environnement. De plus, ces jeux proposent une vision simplifiée et orientée des options politiques. Ainsi, leur usage dans un but éducatif se doit d'être bien encadré, au risque de passer à côté de l'intention pédagogique et de dévier vers une intention communicationnelle, voire idéologique (Alvarez et Djaouti 2010).

4.3. L'apprentissage dans les jeux sérieux

En préambule à ce chapitre, rappelons que ce que les apprenants retiennent d'une séance d'utilisation de jeux sérieux dépend fortement des objectifs qu'ils se sont fixés en début de séance (Squire et Jenkins 2003). Leur but est-il de gagner le jeu ou d'aborder le contenu par rapport à une question qui leur a été posée ou qu'ils se sont eux-mêmes posée ? Autrement dit, outre l'intention de l'éducateur et le design du jeu sérieux, l'intention de l'apprenant par rapport au dispositif qui lui est proposé est un facteur qui influence tout autant l'apprentissage.

4.3.1. L'efficacité du jeu sérieux par rapport à une formation classique

L'efficacité des jeux dans le domaine pédagogique est montrée dès 1992 (Randel et al. 1992). Cependant, cette question est ensuite posée et reposée à bien des reprises par la communauté scientifique et par les acteurs institutionnels. Les publications évaluant leur efficacité, tant à partir d'un état de l'art de la littérature qu'en comparant l'emploi du jeu sérieux éducatif avec les méthodes d'éducation conventionnelles, se poursuivent donc et se multiplient (Chin et al. 2009, Wouters et al. 2013, 2009, Girard et al. 2013, Mayer et al. 2014a, Boyle et al. 2016, Clark et al. 2016, Halverson et Steinkuehler 2016, Medema et al. 2016, den Haan et van der Voort 2018, Keijser et al. 2018a). Par exemple, Meera et al. (2015) comparent deux types de formation sur la gestion du risque d'inondation,

⁸⁰ Ter Minassian et Rufat ont montré que même lorsque ces jeux sont détournés par des modélisateurs, qui ajoutent des modules et changent des lignes de code, il reste un « noyau dur », qui est le méta-modèle du système défini par les concepteurs du jeu (Ter Minassian et Rufat 2008).

l'une basée sur des manuels, l'autre sur un jeu sérieux. Ces auteurs montrent les résultats supérieurs obtenus par la formation basée sur le jeu sérieux pour toutes les dimensions étudiées : compréhension du contenu, interaction avec les formateurs, aspect appliqué des connaissances acquises, engagement et motivation. De leur côté, Clark et al. (2016) ont examiné des travaux de 2000 à 2012, et estiment que les résultats d'apprentissage des élèves lors de l'utilisation d'un jeu numérique sont supérieurs de 12 % à ceux obtenus dans des conditions d'apprentissage classiques. Wouters et al. (2013) réalisent quant à eux une méta-analyse de 39 études comparatives entre un apprentissage par le jeu sérieux et une méthode conventionnelle. Ces travaux montrent que la plus grande efficacité de l'utilisation des jeux sérieux comparativement aux méthodes pédagogiques conventionnelles est en grande partie due à l'engagement plus important (mais pas forcément la motivation) de l'apprenant dans l'activité qui lui est proposée (Girard et al. 2013, Wouters et al. 2013, Boyle et al. 2016).

Ce chapitre ne s'attardera pas davantage sur ces différentes études, qui se focalisent sur l'évaluation quantitative de l'efficacité et de l'apprentissage par les jeux sérieux (ainsi que par le *serious gaming*). En revanche, la suite de ce chapitre va permettre de comprendre les différents types d'apprentissages qui ont été identifiés dans la littérature sur le jeu sérieux. En outre, le Chapitre §4.4 reviendra sur l'effet d'engagement, qui est un aspect important de l'activité ludique et qui a été amplement étudié par la littérature sur le jeu sérieux.

4.3.2. Les différents types d'apprentissage étudiés dans les jeux sérieux

Les nombreux travaux sur les jeux sérieux ont ces dernières années permis de mieux comprendre les différents types d'apprentissages et d'acquisitions de compétences qui relèvent de l'emploi des dispositifs de jeux sérieux. Une grande partie de ces travaux procède par classification des types d'apprentissages et de compétences. Dans ce chapitre je m'intéresse à ces classifications et aux études associées. L'objectif de mon analyse est d'identifier des éléments de compréhension de ces effets qui soient pertinents par rapport à la pratique de la simulation participative.

4.3.2.1. Les premiers travaux centrés autour des apprentissages cognitifs

Dans leur classification des jeux sérieux, Ratan et Ritterfeld (2009) identifient différents types de contenus éducatifs et de principes d'apprentissage utilisés dans les jeux sérieux. Le contenu éducatif peut viser à :

- Acquérir une connaissance académique, avec par exemple des jeux pour apprendre à compter ;
- Acquérir un savoir-faire métier, avec par exemple des jeux pour apprendre à marketer un nouveau produit ;

- Favoriser le changement social, à l'aide par exemple de jeux pour apprendre à stocker l'eau de pluie au niveau des habitations individuelles.

Concernant les principes d'apprentissage, ces auteurs en identifient quatre principaux.

- Consolider un savoir-faire par des exercices – il s'agit notamment de jeux qui recourent à des mécanismes de narration et de scoring pour inciter le joueur à répéter plusieurs fois un exercice afin qu'il en mémorise le principe ;
- Acquérir de nouvelles connaissances par l'exploration – il s'agit ici de jeux de découverte, où le joueur est incité par sa curiosité et par la vaste étendue des éléments proposés à poursuivre l'expérience d'acquisition de connaissances ;
- Résoudre des problèmes d'ordre cognitif – il s'agit ici de résoudre des problèmes plus ou moins complexes, des puzzles assez simples tel le sudoku ou des problèmes plus complexes comme un plan d'urbanisme, pour lequel le joueur doit arriver à intégrer plusieurs types d'activités sans dépasser un certain montant par exemple. Le mécanisme incitatif pour le joueur consiste dans ce cas à trouver une solution à un problème qui lui est posé et pour lequel il sait qu'il en existe au moins une ;
- Résoudre des problèmes d'ordre social – dans ces jeux, les joueurs doivent interagir en équipe, en collaborant et/ou en s'allouant des tâches pour résoudre un problème. La solution au problème posé vient de la façon de s'organiser entre les différents joueurs. Ici, le mécanisme d'engagement vis-à-vis des autres joueurs est l'un des leviers utilisé pour inciter les joueurs à réaliser l'exercice.

4.3.2.2. De l'apprentissage cognitif à l'acquisition de compétences et de *soft skills*

Ainsi, les premiers travaux sur les apprentissages par les jeux sérieux se sont concentrés sur les apprentissages cognitifs, à savoir l'acquisition de connaissances et de compétences pour la résolution de problèmes (Wouters et al. 2009). Ces travaux ont ensuite été complétés pour parvenir à mieux refléter aujourd'hui la gamme des effets et des apprentissages induits par la pratique des jeux sérieux.

Ainsi, Boyle et al. (Boyle et al. 2016) et Hainey et al. (2016) ont réalisé un important travail pour synthétiser la littérature qui étudie les effets et les impacts des jeux sérieux sur les apprenants⁸¹. Les auteurs recensent des effets sur les apprenants portant sur différentes dimensions : apprentissage cognitif, changement de perceptions, effet émotionnel (enthousiasme à participer, frustration), changement de comportement, effet au niveau cérébral, acquisition de « soft et social skills » (gestion

⁸¹ Il est à noter que les auteurs étudient tout autant les jeux vidéo sérieux que le *serious gaming*. Par ailleurs, leurs travaux se concentrent en majeure partie sur leur usage auprès d'élèves et d'étudiants, et non auprès de professionnels.

du stress, contrôle des émotions, empathie, etc.) et acquisition de compétences et savoir-faire techniques.

De leur côté, Wouters et al. (2009) proposent une taxonomie des résultats d'apprentissage, composée de quatre catégories : cognitive, motrice, affective et communicative.

- La catégorie cognitive rassemble à la fois (1) l'acquisition de connaissances cognitives et (2) l'acquisition de compétences, de savoir-faire, pour la résolution de problèmes ou la prise de décision, qui sont des activités qui requièrent la capacité de percevoir et de comprendre les informations pertinentes dans une situation, et de prédire comment la situation peut évoluer.
- Les compétences motrices sont des savoir-faire qui requièrent une gestuelle, une activité motrice. Leur apprentissage requiert d'acquérir le savoir-faire (c'est-à-dire de comprendre la mise en pratique) puis de le pratiquer pour parvenir à réaliser l'activité (le geste) rapidement et sans se tromper. On retrouve notamment des jeux sérieux faisant appel à ce type d'apprentissage dans le domaine de la chirurgie.
- La catégorie affective rassemble les acquis en termes d'attitude et de motivation. L'attitude fait référence à l'état émotionnel d'une personne lorsqu'elle est mise face à une situation, un environnement ou un choix à faire. Il existe ainsi des jeux sérieux pour traiter des phobies ou pour développer une attitude positive (de non rejet) vis-à-vis d'un environnement de travail (par exemple vis-à-vis des cours de mathématiques). Il s'agit donc dans ces jeux sérieux d'acquérir un contrôle émotionnel et/ou d'adapter son état émotionnel envers quelque chose. La motivation fait ici référence à la motivation d'apprendre. Elle reflète la volonté de la personne à prêter attention au matériel d'apprentissage et aux ressources cognitives proposées pour traiter l'information. Ainsi, un jeu conçu dans cette optique envoie à l'élève des retours réguliers sur ses actions, qui entretiennent sa motivation (Whitton 2011).
- La quatrième catégorie rassemble l'acquisition de compétences sociales et communicationnelles. Cela recouvre la capacité à obtenir une information d'un tiers, à négocier un arrangement avec d'autres personnes, ou à collaborer avec un groupe de personnes pour parvenir à un objectif commun. Elle requiert de s'organiser, de faire confiance mais aussi de se mettre à la place de l'autre.

On retrouve à peu près les mêmes items dans les deux classifications proposées par Boyle et al. et par Wouters et al. Notons toutefois que Boyle et ses collègues nomment « soft skills » des compétences qu'on retrouve chez Wouters et ses collègues, dans la catégorie affective, et en particulier en lien avec l'attitude face à une situation donnée. Un exemple de jeu sérieux dédié à l'acquisition de ces « soft skills », ou compétences non-techniques, est DREAD-ED (Haferkamp et Krämer 2010), qui porte sur la

gestion des catastrophes. L'apprenant apprend à gérer son stress, à adopter la « bonne attitude » vis-à-vis d'une situation de catastrophe, et à prendre des décisions en situation d'urgence.

Il est par ailleurs intéressant de noter que les recherches en psychologie ont investi le champ des jeux sérieux. Ainsi, dans leur article (Boyle et al. 2011), Boyle et ses collègues décrivent les impacts négatifs et positifs associés au fait de jouer à des jeux vidéo sérieux ; ils appellent à renforcer l'utilisation des méthodes de psychologie dans le domaine du jeu sérieux. C'est ce que feront par exemple les psychologues Blasko-Drabik, Blasko et Lum (Blasko-Drabik et al. 2013). Ces derniers ont développé une méthode d'auto-évaluation de l'expérience du jeu sérieux (SGEM - Serious Games Experience Measure) qui porte sur trois dimensions : affective, apprentissage et design du jeu (les auteurs nomment à tort cette dernière dimension « game mechanics »). La méthode consiste en un questionnaire standardisé basé sur 42 questions (14 pour chacune des dimensions) de positionnement par rapport à une échelle de Likert d'accord/désaccord⁸² en sept niveaux, allant de fortement en désaccord à fortement d'accord. La dimension affective évalue des facteurs tels que le plaisir et l'immersion dans le jeu. La dimension d'apprentissage se concentre sur l'auto-évaluation des connaissances acquises et la motivation du joueur. La dimension d'évaluation du *game design* dans cette méthode concerne la convivialité et la jouabilité du jeu lui-même. Les méthodes et protocoles d'évaluation des apprentissages seront examinés plus en détail au Chapitre §9.1.1.

Ces différents travaux sur les effets d'apprentissages des jeux sérieux sont riches et comportent un certain nombre d'enseignements. Tout d'abord, ce tour d'horizon des différents types d'apprentissage permet de bien différencier apprentissage et acquisition de compétences. Un grand nombre de formats de jeux sérieux repose sur le principe de l'apprentissage expérientiel, ce qui permet aux études réalisées sur l'évaluation des apprentissages de répertorier toute une gamme d'acquisition de compétences associées à cette pratique, et de les qualifier avec précision. Par ailleurs, les auteurs étudiés identifient un certain nombre de compétences acquises liées à l'attitude, à la maîtrise émotionnelle de l'individu (voir par exemple Lavoué et al. 2019) et aux *soft skills*. Cela me semble un aspect tout à fait intéressant, qui est encore trop peu abordé dans la pratique de la simulation participative en France⁸³. Enfin, les classifications étudiées permettent d'envisager des regroupements cohérents des différents types d'apprentissages, par exemple la catégorie des apprentissages cognitifs, ou celle des compétences sociales et communicationnelles.

⁸² Une échelle de Likert est un outil psychométrique permettant de mesurer une attitude chez des individus. Elle tire son nom du psychologue américain Rensis Likert qui l'a développée. Elle consiste en une ou plusieurs affirmations pour lesquelles la personne interrogée exprime son degré d'accord ou de désaccord (source Wikipédia).

⁸³ Claude Garcia dans un TED talk en 2019 montre bien l'importance des émotions dans la pratique de la simulation participative (<https://youtu.be/v362bMWL0Yw>).

Dans le cadre du Chapitre §7.1, je mettrai en regard ces différents enseignements issus de l'analyse des jeux sérieux avec le concept d'*action learning* utilisé par Klabbers (Klabbers 2009b), ainsi qu'avec les travaux menés par les praticiens de la modélisation d'accompagnement et d'autres praticiens de la simulation participative sur la question des apprentissages.

Avant d'aborder la notion d'engagement des apprenants dans l'activité ludique, notion amplement étudiée dans les travaux sur les jeux sérieux, la suite de chapitre s'attarde sur un mécanisme de jeu largement utilisé dans les jeux sérieux et qui favorise l'apprentissage : le tableau de bord.

4.3.3. Le tableau de bord : un mécanisme favorisant un apprentissage réflexif en invitant l'apprenant à tester de nouvelles stratégies

Dans la pratique du *game-based learning*, il est courant d'utiliser un *dashboard* (« tableau de bord » en français). Il permet à l'apprenant d'évaluer ses choix pendant le jeu et ainsi de s'interroger sur leur pertinence et, petit à petit, d'avancer dans sa réflexion sur son interaction avec le système simulé dans le jeu, donc d'apprendre. Dans le cas de jeux vidéo et du *serious gaming*, les jeux fournissent en permanence des informations permettant aux joueurs de suivre leurs progrès tendant vers la réalisation de l'objectif fixé (Prensky 2001).

Le tableau de bord peut être constitué de scores, d'appréciations qualitatives telles que des suggestions écrites ou orales venant d'un coach virtuel, ou bien encore de jauges de résultats. Il n'est quasiment jamais composé d'un seul élément mais de plusieurs indicateurs, afin de proposer à l'utilisateur des indications plus riches et variées et de le laisser libre d'apprécier s'il est satisfait ou non des résultats obtenus (par exemple en ayant un score bas pour un indicateur mais des scores élevés pour les autres). Par ailleurs, le tableau de bord peut être actif et mis à jour tout au long de la partie ou être affiché uniquement à la fin de la partie.

Mais l'évaluation par le joueur de la partie qu'il vient de jouer ou de la partie en cours n'est pas la seule utilisation possible du tableau de bord. En effet, il peut aussi être utilisé pour permettre au joueur de se comparer à d'autres. En donnant accès à l'utilisateur aux résultats obtenus par d'autres joueurs (ayant joué précédemment ou jouant au même jeu en parallèle), celui-ci pourra se positionner par rapport aux autres ; la question de savoir « est-ce que j'ai bien joué ? » va alors prendre un autre sens, un sens social. Par exemple, dans le jeu [The Uber game](#), à la fin du jeu, l'interface fournit des statistiques par rapport aux autres joueurs du jeu, ainsi qu'un récapitulatif des choix effectués par le joueur : *YOUR CHOICES : You took a day off (13% of other players did the same), You helped your son with his homework (86% of other players did the same), You bought a business licence (41% of other*

players did the same). Le fait de se comparer aux autres incite le joueur à recommencer la partie, soit pour essayer d'imiter les autres joueurs, soit pour essayer de se distinguer des autres. En rejouant le jeu dans cette nouvelle optique, le joueur va alors essayer de nouvelles stratégies qui vont d'une part prolonger son expérience ludique, et d'autre part l'amener dans une démarche réflexive par rapport aux choix qu'il fait et à son rapport aux autres. Lavoué mentionne ce mécanisme de tableau de bord dans sa conceptualisation des *social learning games*. Le tableau de bord permet aux participants qui jouent à plusieurs de suivre leurs résultats individuels mais également collectifs, et ainsi d'apprécier l'impact de leurs décisions sur les autres (Lavoué 2012). Il permet au joueur de se positionner et de se poser des questions sur ses choix et sur sa contribution au collectif.

Ainsi, le tableau de bord apparaît comme un mécanisme tout à fait intéressant pour favoriser un apprentissage réflexif du joueur dans sa pratique du jeu. Cette dernière section clôture ce tour d'horizon sur les mécanismes d'apprentissage, et le chapitre qui suit examine différents travaux qui ont permis de mieux cerner le concept d'engagement dans la pratique du jeu sérieux.

4.4. L'engagement

L'engagement représente le choix individuel du joueur de s'investir dans une expérience ludique. Cet aspect a beaucoup intéressé les chercheurs du *game-based learning* pour comprendre pourquoi un élève décide de s'investir dans le contenu ludique et pédagogique qui lui est proposé. En outre, l'engagement a également grandement intéressé les chercheurs des *game studies*, qui cherchent à identifier les facteurs pouvant stimuler l'engagement. La section qui suit montre que la dimension de choix individuel qui structure l'engagement est toute relative à la structure de la situation ludique proposée au joueur.

4.4.1. Le concept d'engagement

Elizabeth Boyle et ses collègues, qui travaillent dans le domaine des sciences de l'éducation et en psychologie, ont examiné la littérature en sciences sociales et identifient deux éléments qui structurent l'engagement du joueur : d'une part le plaisir subjectif de l'expérience ludique, et d'autre part les motivations à jouer au jeu (Boyle et al. 2012). Le concept le plus employé actuellement pour expliquer le plaisir subjectif de l'expérience ludique est celui de la théorie du flow, développé par le psychologue Csíkszentmihályi (Csíkszentmihályi 1990). Le flow, aussi appelé expérience optimale, est un état mental atteint par une personne lorsqu'elle est complètement plongée dans une activité qui lui procure un sentiment de satisfaction. L'idée centrale du concept d'expérience optimale est qu'il doit exister une correspondance optimale entre les compétences d'un individu et les défis que présente l'activité dans laquelle il s'engage. Csíkszentmihályi identifie plusieurs autres facteurs contribuant à l'expérience

optimale. L'expérience doit être intrinsèquement enrichissante, immersive, impliquer un degré de concentration élevé, procurer la sensation d'exercer un contrôle, avoir des objectifs clairs et fournir une rétroaction directe et immédiate. En ce qui concerne les motivations à jouer au jeu, Deci et Ryan, auteurs de la théorie de l'autodétermination et de la motivation (intrinsèque), estiment que les comportements sont déterminés par trois besoins psychologiques basiques relatifs à la compétence, à l'autonomie et à la relation sociale (Deci et Ryan 1985). Le besoin de compétence fait référence à la nécessité de participer à des activités qui nous permettent de nous sentir capables et efficaces. Le besoin d'autonomie renvoie au besoin de se sentir libre dans les activités que l'on entreprend. Enfin, le besoin de relation sociale est lié au fait de se sentir connecté aux autres.

4.4.2. Mécanismes de l'engagement et sentiment d'évasion

La capacité des jeux vidéo à produire de l'engagement, par leur côté à la fois distrayant et mettant à défi le joueur (expérience optimale de correspondance entre les compétences et les défis proposés) est à l'origine même du jeu vidéo. En effet, Steve Russel et J.M. Graetz du MIT créent en 1962 l'un des premiers jeux vidéo⁸⁴, *Spacewar*, et développent les fondements du « *game design* » du jeu vidéo. Ceux-ci consistent à « tirer parti des potentialités du support technique, élaborer un programme ludique qui soit à la fois stimulant et amusant » (cité par Koster 2013). La dimension attractive des jeux vidéo s'appuie également sur certaines valeurs symboliques de notre société, notamment sur la recherche de sensations et de spectaculaire, deux aspects très présents dans les jeux vidéo (Koster 2013).

En outre, le sentiment d'évasion que procurent les jeux vidéo renvoie à l'efficacité du dispositif technique, dans sa propension à dispenser chez le joueur des sensations d'oubli du contexte environnant (Breton 1990). L'oubli de soi et du monde extérieur semble corrélatif de la fluidité de l'engagement du joueur dans l'action, dépendante du haut degré d'incorporation (de maîtrise) de l'interface par le joueur (matériel et *gameplay*) (Clais et Roustan 2003). Koster explique également que cet engagement du joueur correspond à une décision de sa part, celle de ne pas subir les règles de l'espace environnant, mais de retrouver un espace de plaisir et d'adhésion momentanée à de nouveaux cadres régulateurs (Koster 2013). Elle est aussi une volonté de s'échapper du monde réel, de focaliser toute son attention sur autre chose que l'environnement quotidien. L'expérience de l'évasion est vécue comme une liberté, qui répond à un besoin psychologique d'autonomie, l'autonomie de l'individu par rapport à ses modes de régulation sociale ; paradoxalement, elle représente également un enfermement (Koster 2013).

⁸⁴ Le premier jeu vidéo, *Tennis for Two* (https://youtu.be/6PG2mdU_i8k), date de 1957 et a été créé sur un oscilloscope par le physicien américain William Higinbotham, pour distraire les visiteurs de son laboratoire de recherche.

4.4.3. Les mécanismes favorisant l'engagement des joueurs

Dans le cadre du *serious-game* et du *game-based learning*, la motivation et l'engagement de l'apprenant sont identifiés par certains éducateurs comme les clés de la réussite d'un apprentissage effectif (Ryan et Deci 2000). De fait, de nombreux travaux de recherche sur le jeu sérieux visent à identifier les mécanismes qui favorisent l'engagement des joueurs dans la simulation. Ainsi, dans l'avant-propos d'un ouvrage de référence sur les mécanismes et les effets des jeux sérieux (Ritterfeld et al. 2009), Sawyer raconte qu'en 2002, lui et son co-auteur Rejeski avaient repéré qu'un jeu vidéo comme « Age of Empires » apporte un cadre de référence épique et une interface accessible tellement efficace qu'il permet de faire participer des décideurs à des réflexions sur la mise en œuvre de politiques publiques. L'interface colorée, ergonomique et engageante d'un jeu vidéo, tout comme la narration d'un scénario, avec une quête, une progression et des rebondissements (domaine de la narratologie), sont autant de mécanismes empruntés aux arts du récit et au graphisme, qui permettent de susciter l'envie de poursuivre l'expérience virtuelle et de découvrir ce qu'elle peut apporter de plus. Concrètement, un bouton au graphisme attrayant, placé au bon endroit, par exemple juste après le retour d'action du joueur, donnera envie à ce dernier d'explorer cette nouvelle action qui s'offre à lui. Wan et al. (2009) ont identifié les éléments qui participent à renforcer le caractère divertissant d'un jeu, avec l'idée que plus un jeu est divertissant, plus une personne sera incitée à y jouer. Les auteurs ont analysé les articles de la presse en ligne à propos de 60 jeux vidéo. Ils ont ainsi identifié 27 facteurs ludiques, dont certains parmi les plus importants sont présentés ci-dessous.

Facteur favorisant le divertissement	Part du facteur parmi l'ensemble des facteurs favorisant le divertissement
Structure de règles pour mener les actions	17,7 %
Graphisme ou présentation visuelle	13,1 %
Facilité et efficacité des contrôles	9,6 %
Environnement sonore	6,9 %
Quantité, diversité et agencement des situations de jeu	6,6 %
Caractère divertissant du gameplay proposé	4,6 %
Aspect fonctionnel (fonctionnalité et stabilité du jeu)	4,1 %
Mécaniques de jeu bien établies et agréables	4,1 %
Originalité et aspect novateur du jeu	4,0 %
Narration (existence et qualité du récit)	3,8 %
Personnages (attractivité et identifiabilité)	3,6 %
Possibilité et qualité des interactions sociales proposées	3,6 %
Défi (une difficulté bien équilibrée du jeu)	2,8 %

Tableau 2: Adaptation du tableau sur la fréquence des principaux facteurs ludiques des jeux vidéo (Wang et al. 2009)

Cette analyse montre que le *game design* (la structure de règles proposée par le jeu) constitue le facteur le plus important aux yeux des joueurs. L'ergonomie du jeu apparaît également comme un élément important (contrôle, fonctionnalité, mécaniques), au même titre que son esthétique (graphisme, ambiance sonore). Le *gameplay*, la richesse du jeu, son originalité, la qualité de la narration et des personnages proposés viennent ensuite. Le niveau de difficulté et la façon dont le jeu défie le joueur apparaissent comme un facteur important, mais plutôt de second ordre. Enfin, il est intéressant de noter que l'interaction avec d'autres joueurs apparaît également comme un facteur de second ordre. Toutefois, il faut rappeler que cette étude porte sur des jeux vidéo qui se pratiquent la plupart du temps seul, où l'interaction sociale, lorsqu'elle est possible, se fait via une interface numérique. Il est donc important d'examiner ce tableau avec un œil critique. Rappelons au sujet de l'interaction avec les autres joueurs que la théorie de l'autodétermination de Deci et Ryan (1985) pointe le besoin psychologique élémentaire de relations sociales comme l'une des composantes de la motivation. À ce sujet, Lavoué explique que dans sa proposition conceptuelle de *social learning game*, les interactions sociales font partie du design du jeu et sont une clé de l'engagement qui évolue progressivement au cours du jeu, au fur et à mesure que l'apprenant expérimente de nouvelles interactions sociales (Lavoué 2012).

Ainsi, le concept d'engagement et celui de motivation, ont été amplement étudiés dans les recherches sur le jeu vidéo et le jeu sérieux. Ces recherches visent à éveiller l'intérêt de l'utilisateur pour le jeu qui lui est proposé. Il est évident que les enjeux derrière ces recherches sont colossaux et loin d'être tous motivés par l'altruisme et la volonté de fournir un contenu éducatif de qualité. Nous en revenons donc à l'un des premiers points abordés dans ce chapitre sur le jeu sérieux, qui est que, bien avant de s'intéresser au contenu du jeu, il est primordial de porter un regard critique sur l'intention du jeu qui est proposé.

Cet aspect semble d'autant plus important qu'il existe actuellement un engouement pour le jeu sérieux, qui a largement dépassé la sphère de l'entreprise privée, secteur dans lequel il a prospéré durant les années 2000⁸⁵.

⁸⁵ « Aujourd'hui toutes les grandes entreprises françaises utilisent des serious games pour former leurs salariés », Sébastien Beck, Executive Director de [daesign](https://www.daesign.com), dans une interview pour Euronews en 2008 : <https://youtu.be/dlaEDOUkRwM>.

4.5. L'engouement pour les jeux sérieux

Ces dix dernières années, l'engouement pour les jeux sérieux a gagné le domaine de la recherche académique, ainsi que celui de ses partenaires privilégiés, qu'il s'agisse des partenaires institutionnels ou des acteurs de la transition climatique (Donnerer 2018). Le développement de la culture ludique qui a été abordé précédemment (P. Schmoll 2011a) et le fait que le jeu sérieux soit basé sur un média (le jeu vidéo) connu de tous et dont un grand nombre de personnes maîtrise les codes d'utilisation (Squire et Jenkins 2003) participent à un effet de mode autour de la pratique et du design des jeux sérieux, ainsi qu'autour de l'emploi du terme « jeu sérieux ». Dans le cadre de l'écriture de ce chapitre, je me suis efforcé de clarifier les usages, les domaines d'application et les termes employés. Mais dans la pratique ainsi que dans les écrits, le terme est utilisé pour se référer à différentes intentions et à différents formats de dispositifs. Cela n'est pas un problème en soit. Il est tout à fait légitime d'utiliser un terme à la mode, que ce soit dans un cadre de recherche ou de partenariat. Cela fait partie de l'effervescence qui favorise la rencontre des communautés de pratique (Rencontres Jeux et Enjeux, Becu 2017) et du bouillonnement des idées qui favorise l'innovation (Crookall 2010). Par ailleurs, il est plus facile, pour se faire comprendre d'un partenaire potentiel, de parler de « jeu sérieux » que de « simulation multi-agents avec laquelle des participants peuvent interagir et apprendre ». Un lecteur connaissant la littérature académique, qu'elle soit en français ou en anglais, aura tout intérêt à vérifier attentivement les dispositifs, les intentions et les artefacts utilisés lorsqu'il examine un article portant sur les jeux sérieux. Par exemple Vasconcelos et al. (2009) et Medema et al. (2016) utilisent le terme *serious game* pour parler de simulations jouées utilisées dans une optique d'accompagnement. Dans Anselme et al. (2016) et Rouchier (2018), le terme est utilisé pour se référer à un jeu de plateau déployé dans un cadre éducatif. Aussi, au-delà de l'« effet waouh » du jeu sérieux (media vidéoludique engageant, dispositif technologique innovant et effet de mode), il me paraît important de bien préciser l'intention des jeux qui sont développés, le message qu'ils véhiculent, et les intérêts poursuivis au travers du déploiement de ces jeux. De même, l'importance de garder une posture critique par rapport à l'emploi de ces jeux doit nous mettre en garde lorsqu'on est face à un jeu sérieux pour lequel il n'existe pas de débriefing réflexif, ce qui est encore le cas de nombreux jeux sérieux déployés.

5. La modélisation d'accompagnement

La modélisation d'accompagnement se définit comme une démarche de concertation pour un développement durable (Association ComMod 2013). La juxtaposition des termes est expliquée de la sorte : « cette démarche utilise la *modélisation* comme un outil *d'accompagnement* des processus de production de connaissances et des processus de décision collective ». Ainsi, dès les premiers mots de sa définition, la démarche ComMod (acronyme de « modélisation d'accompagnement »), positionne la modélisation comme un outil au service de processus collectifs. L'apprentissage se situe au cœur de ces processus collectifs, et la démarche a pour ambition d'agir sur la décision et l'action collective. Il n'en reste pas moins que le modèle et la modélisation sont au cœur de la démarche ; c'est cette spécificité qui fait la complémentarité de la démarche de modélisation d'accompagnement par rapport à la pratique du *simulation and gaming*.

Dans un premier temps, je rappellerai succinctement les origines et les principes de cette démarche. Puis j'examinerai à la façon dont la démarche se positionne par rapport aux acteurs des territoires et j'analyserai la façon dont sa mise en œuvre s'articule par rapport aux processus en cours dans les territoires. Cette analyse m'amènera à étudier les cadres méthodologiques de la démarche (outils, méthodes, concepts) en distinguant ceux relevant de la conception de l'artefact et ceux relevant du déploiement de l'artefact dans un territoire. C'est pourquoi cette analyse est réalisée au travers de deux chapitres distincts : le Design-In-the-Small de ComMod, et le Design-In-the-Large de ComMod. Le dernier chapitre traite de la problématique du dégageement, qui vise à répondre à l'une des limites de la démarche, son transfert, dont l'une des voies réside dans la pratique de la simulation participative et dans son articulation avec les territoires.

Tout au long des chapitres qui suivent, je présenterai et analyserai différents travaux des praticiens de la modélisation d'accompagnement. Cette revue des travaux est loin d'être exhaustive ; je me suis principalement intéressé à traiter ceux qui permettent de mieux comprendre et de caractériser la pratique de la simulation participative.

5.1. Aperçu des principes de la modélisation d'accompagnement

5.1.1. Les origines

Les origines de la modélisation d'accompagnement ont été écrites à maintes reprises en langue française, soit par ceux qui en ont posé les premières briques (Bousquet et al. 1996a, 2002, Barreteau 1998, d'Aquino et al. 2001a, Barreteau et al. 2003b), soit dans les différentes versions de la « charte ComMod » (Barreteau et al. 2003a, ComMod 2005, Association ComMod 2013), ou encore dans les

écrits de synthèse à propos de la démarche (ComMod 2009, Daré et al. 2009, Etienne 2010a, 2015). Christophe Le Page, dans son manuscrit d'Habilitation à diriger des recherches (Le Page 2017), synthétise ainsi la genèse de cette démarche :

Le terme de "modélisation d'accompagnement" est apparu en septembre 1996 dans une communication présentée lors d'un colloque international qui s'interrogeait sur l'avenir de l'Environnement au XXIème siècle (Bousquet et al. 1996a). Le principe de base est que les systèmes multi-agents constituent un paradigme de représentation des connaissances pertinent pour accompagner une recherche interdisciplinaire. Le modèle sert alors principalement d'objet médiateur aux discussions entre différents chercheurs ou acteurs engagés dans la co-construction d'un point de vue commun, conformément au cadre de l'interdisciplinarité proposé par Jolivet et Pavet (Jolivet et Pavé 1993). Les jeux de rôles apparaissent dans ComMod très rapidement, avec deux applications pionnières portant sur la viabilité des périmètres irrigués dans la région de Podor au Sénégal (Barreteau et Bousquet 1999) et la viabilité de la filière raphia à Madagascar (Herimandimby et al. 1999). Dans le premier cas, au Sénégal, les travaux de thèse d'Olivier Barreteau (Barreteau 1998) visent essentiellement à améliorer la compréhension du fonctionnement du système. Dans le second, à Madagascar, l'objectif de la démarche est d'accompagner la mise en place d'une façon concertée et négociée d'outils de gestion économiques, institutionnels, réglementaires et fiscaux visant à assurer la viabilité de la filière. Pour s'engager dans ce type d'objectif propre à la recherche-action, la modélisation d'accompagnement propose d'embrasser également l'objectif de production de connaissances, en conférant aux modèles supportant la démarche une dimension exploratoire et non prédictive.

Dès les débuts de la démarche ComMod, le jeu de rôles est présent dans les travaux. Comme déjà précisé plus haut, la communauté ComMod utilise essentiellement le terme de « jeu de rôles », du moins jusqu'à la parution de l'ouvrage de référence de la démarche (Etienne 2010a) ; par la suite, différents praticiens de la modélisation d'accompagnement utilisent d'autres termes, comme « jeu sérieux » ou « simulation participative ». Les jeux développés comportent différents rôles et ce choix est inhérent au fait que le modèle et/ou le jeu sont utilisés comme un objet intermédiaire entre des groupes aux points de vue contrastés sur l'environnement. Modèle et jeu sont utilisés de manière complémentaire pour accompagner des collectifs de personnes dans le partage de points de vue et de connaissances sur un socio-écosystème donné.

Si l'aspect outil et outillage du processus de concertation est bien présent dans cette démarche, il n'en reste pas moins que la modélisation d'accompagnement est avant toute chose une démarche pour

appréhender les systèmes complexes dans leurs différentes dimensions et selon une approche post-normale du rapport à la science et à la décision. C'est l'objet du chapitre qui suit.

5.1.2. La modélisation pour appréhender les systèmes complexes selon une approche constructiviste et post-normale

La modélisation d'accompagnement s'est constituée autour d'une réflexion sur l'utilisation des modèles dans les processus de décision (Weber et Bailly 1993), mais aussi sur leur utilisation pour appréhender les interactions dans la gestion des ressources renouvelables (Bousquet et al. 1993, 1995). Cette réflexion s'est opérée au sein de l'équipe Green du Cirad, basée à Montpellier et spécialisée dans la gestion des ressources naturelles et renouvelables. Les initiateurs de cette démarche ont très vite opté pour les systèmes multi-agents parmi les différents paradigmes de modélisation permettant d'aborder les systèmes d'interactions. À cette époque, Jaques Ferber, informaticien basé à Montpellier, venait de sortir son ouvrage sur les systèmes multi-agents (Ferber 1995). Cet ouvrage de référence deviendra le livre de chevet de nombreux modélisateurs et doctorants dans les années qui suivent. Les systèmes multi-agents sont un paradigme de représentation des interactions d'un système complexe (Figure 14), qui sera présenté plus amplement au Chapitre §5.3.1.1. Les auteurs de la modélisation d'accompagnement trouvent dans la description que Ferber fait des systèmes multi-agents une représentation des systèmes à la fois constructiviste (dans son rapport à la rationalité) et anthropocentrée (dans son rapport à la modélisation des systèmes), qui constitue un cadre de conceptualisation idéal pour appréhender la complexité des systèmes qu'ils étudient (Bousquet et al. 1996b, 1998, 1999, Rouchier et al. 1998, Le Page et al. 1999a). L'Encart 3 montre en quoi l'approche des systèmes multi-agents proposée par Ferber (1995) est intéressante pour les réflexions sur la modélisation d'accompagnement.

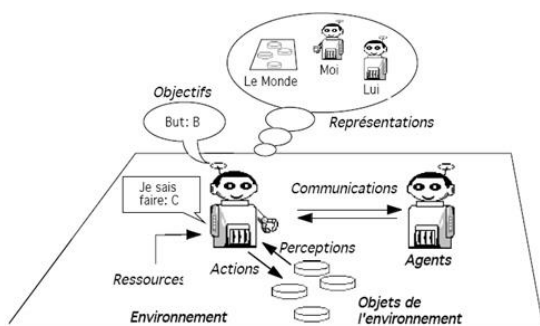


Figure 14 : Systèmes multi-agents (source : Ferber 1995)

Les systèmes multi-agents sont un mode de représentation des systèmes issu de l'intelligence artificielle distribuée. L'intelligence artificielle distribuée⁸⁶ est elle-même une branche de l'intelligence artificielle qui part du principe que pour développer une intelligence artificielle, il est plus efficace de représenter un ensemble d'entités simples en interaction, plutôt qu'une seule entité dotée de multiples capacités. L'idée est que « *l'intelligence* » va émerger du produit des multiples interactions. Pour expliquer cette approche, l'analogie classique est la modélisation des comportements de *flocking*, ou comportement de déplacement en troupeau ou d'une volée d'oiseaux. Chaque individu du troupeau ou de la nuée d'oiseaux ajuste sa vitesse et sa direction en fonction des autres ; le résultat de l'ensemble de ses comportements individuels en interaction est un comportement global qui semble être régi par ses propres règles, qui a sa propre « *intelligence* », alors même qu'il n'y a aucun contrôle centralisé ou contrôle extérieur dictant les mouvements du troupeau ou de la volée (voir le modèle BOIDS pour aller plus loin (Reynolds 1995)). Une autre analogie classique des systèmes multi-agents est la fourmilière, dont chacun des agents pris individuellement, la fourmi, peut être assimilé à un agent dit « réactif », c'est-à-dire qui réagit à des stimuli sans faire appel à une cognition (un processus de décision élaboré), mais dont le comportement global, lorsqu'il est regardé à l'échelle de l'ensemble de la communauté de fourmis, est particulièrement complexe, adaptatif et résilient (voir le modèle MANTA pour aller plus loin (Drogoul et al. 1995)). Les systèmes multi-agents sont utilisés pour la résolution distribuée de problèmes, tels la reconnaissance de formes ou le pilotage de processus industriels, pour la conception de programmes dans le génie logiciel, ou pour la simulation de phénomènes complexes. Cette dernière branche est celle qui nous intéresse ici. Elle trouve des applications autant dans l'industrie, par exemple dans l'industrie cinématographique pour représenter des dynamiques de foules, que dans la recherche, en robotique (étude des interactions entre robots et/ou entre robots et humains), en physique des particules (interactions entre particules élémentaires), en écologie (dynamique de populations, interactions entre compartiments trophiques, etc.) ou bien encore en géographie (interactions entre des systèmes de villes, étude des mobilités, interactions entre usagers d'un territoire, etc.). L'étude des interactions est au cœur des systèmes multi-agents. La spécificité de l'approche proposée par Ferber en 1995 tient à ce qu'il va positionner les systèmes multi-agents dans le courant interactionniste et constructiviste de la pensée sur la rationalité (Ferber et Guérin 2003). L'interactionnisme, théorisé en grande partie par les sociologues Goffman et Becker de l'École de Chicago, considère que le comportement d'un individu se définit dans ses interactions avec les autres. Il n'est ni constant, ni régi par la seule volonté de l'individu. Il se définit lors de l'interaction, en fonction de la situation et de la mise en contexte. En cela, il s'oppose à la théorie fonctionnaliste, car la fonction de l'individu, son intention et son but ne sont pas les seuls déterminants des mécanismes d'interactions (ex. un modèle fonctionnel des prélèvements d'eau dans un bassin versant pourrait consister à modéliser les débits de prélèvement autorisés des différents usagers ; un modèle interactionniste consisterait alors à modéliser les débits prélevés en fonction de situations locales donnant un cadre aux besoins en eau et aux attitudes individuelles et collectives vis-à-vis des règles de restriction). Le constructivisme, quant à lui, considère qu'il n'existe pas de réalité absolue (en cela il s'oppose au positivisme) et que la représentation que l'on se fait du monde et des autres se construit dans son expérience cognitive propre et dans son interaction avec son environnement (Piaget 1937, Berger et Luckmann 1966). « Rien n'est donné, tout est construit » et la connaissance qu'un individu acquiert de la « réalité » est avant tout celle de sa propre expérience de la réalité (Bachelard 1938). Searle développe cette pensée en postulant que la réalité est un concept social qui se construit en grande partie par le langage (Searle 1995). Dans sa formulation des systèmes multi-agents en 1995, Ferber intègre la notion de représentation comme un prérequis à la définition des agents. Les agents sont des agents autonomes, parce qu'ils ont une représentation du monde ; leur représentation peut évoluer en fonction de leurs percepts et de leurs communications avec les autres agents.

Encart 3 : Les systèmes multi-agents selon Ferber, une représentation singulière des systèmes d'interaction

Aujourd'hui encore, la majorité des applications de la modélisation d'accompagnement s'appuient sur les systèmes multi-agents pour modéliser les interactions (Le Page et al. 2010). Dans le champ plus large de la modélisation participative, on trouve en revanche de nombreuses applications s'appuyant sur les systèmes dynamiques, les réseaux bayésiens (Voinov et Bousquet 2010, Gray et al. 2016, Voinov et al. 2016) ou d'autres formalismes de modélisation des systèmes complexes. Il n'en reste pas moins que lorsqu'il s'agit de représenter, d'étudier et de discuter les interactions individuelles, notamment

⁸⁶ Les réseaux de neurones qui sont grandement utilisés dans le big data de nos jours sont une forme d'intelligence artificielle distribuée comme les systèmes multi-agents.

dans un objectif d'apprentissage social, les systèmes multi-agents constituent le choix à privilégier (Kelly et al. 2013).

L'autre posture épistémologique que la modélisation d'accompagnement adopte est celle d'ancrer son usage de la modélisation dans une approche post-normale de la science. Funtowicz et Ravetz (1993) partent du principe qu'il existe des situations de prise de décision où l'approche « normale » de la relation entre la science et la décision, celle où le scientifique fournit des informations au décideur après avoir résolu le problème qu'on lui posait, n'est pas possible. Ces situations « post-normales » sont celles où les faits sont incertains et les valeurs sont en conflit. Vingt-cinq ans après la formulation de l'approche post-normale, il nous paraît aujourd'hui évident que ces situations sont loin d'être isolées. C'est le cas de tous les systèmes complexes multi-acteurs, de la plupart des décisions de gestion sur les socio-écosystèmes et d'une grande partie des enjeux environnementaux auxquels nous faisons face : la science n'a pas toutes les données du problème et les acteurs défendent des intérêts et des valeurs contradictoires⁸⁷. La justesse de la décision ne pouvant être garantie, Funtowicz et Ravetz estiment que dans une approche de science post-normale, la qualité d'une décision doit se mesurer dans la qualité du processus qui a conduit à cette décision. Pour cela, ils invitent les acteurs au dialogue sous forme de jurys citoyens, focus groups, conférences de consensus et autres types d'arènes de concertation (ComMod 2009). En optant pour cette posture, la modélisation d'accompagnement va *de facto* s'écarter d'une utilisation du modèle comme d'un outil prédictif ou d'optimisation. Les résultats de simulations émergeant du modèle n'ont pas le statut d'une preuve, ni celui d'une solution. Les praticiens préfèrent parler de modèles « exploratoires », qui permettent de tester de multiples chemins et hypothèses pour enrichir la réflexion des utilisateurs des modèles. Or, c'est cet enrichissement qui va faire la qualité du modèle (Bommel 2009). Ce statut somme toute singulier accordé au modèle n'est pas sans provoquer de nombreuses incompréhensions entre les praticiens de la modélisation d'accompagnement et leurs partenaires. Il s'agit d'une part d'incompréhensions avec les scientifiques qui utilisent des modèles soit pour prédire des situations (par exemple en climatologie ou en hydrologie), soit pour optimiser des ressources (par exemple en micro-économie ou dans les processus industriels), soit pour reproduire des chaînes d'impacts (par exemple en biologie ou en écologie). Il s'agit d'autre part d'incompréhensions avec les partenaires de terrains dans lesquels les processus ComMod sont engagés. Ces derniers s'attendent en effet à ce que « le modèle les accompagne » en leur proposant différentes solutions. Les praticiens de la modélisation d'accompagnement considèrent eux que c'est la « modélisation qui va les

⁸⁷ Pour prendre un seul exemple, c'est le cas de l'enjeu autour des captures accidentelles de cétacés dans le golfe de Gascogne. Les scientifiques ne connaissent pas l'abondance de la population ni le seuil de mortalité acceptable et les groupes d'intérêts s'opposent, revendiquant des valeurs écologiques pour les uns, économiques pour les autres (Lapijover et al. 2018a).

accompagner », c'est-à-dire le processus intellectuel et social d'associer des éléments en interactions, d'imaginer des scénarios d'évolution et de simuler des situations. Il va sans dire que cette nuance est loin d'être comprise par les partenaires de terrain, ce notamment lorsque ces derniers sont issus d'une culture d'ingénierie technique habituée à utiliser des modèles calculatoires pour résoudre des problèmes ou à calculer des indicateurs pour opérer des choix de gestion (Lapijover et al. s. d., Gourmelon 2017). À l'inverse, les personnes auxquelles le statut accordé au modèle dans la modélisation d'accompagnement ne pose pas de problème sont souvent soit celles qui n'ont pas d'a priori sur le statut des modèles, par exemple les enfants (Rouchier 2018), soit celles qui ont un bagage académique en sciences sociales les ayant amenées à adopter une posture critique sur les modèles, ou bien encore celles sensibles aux techniques de mise en situation, comme le théâtre, le jeu, la palabre ou la controverse.

Ce chapitre a permis de rappeler que la modélisation d'accompagnement se place dans une posture épistémologique bien particulière, qui cherche à embrasser la complexité des systèmes en adoptant un cadre constructiviste du rapport à la réalité sociale, et en s'appuyant non pas sur le modèle mais sur la modélisation, pour enrichir les réflexions collectives sur le fonctionnement des systèmes. Pour aller plus loin sur le cadre épistémologiques de la modélisation d'accompagnement, le lecteur peut se référer à l'article de synthèse sur la posture et les référents de la démarche (ComMod 2009). Le chapitre suivant traite de cet enrichissement de la réflexion collective qui vient d'être évoqué, et examine en quoi la modélisation peut être considérée comme un processus d'apprentissage.

5.1.3. La modélisation comme processus d'apprentissage

La modélisation est un processus itératif d'apprentissage au sein duquel la phase de simulation est comparable à l'étape d'évaluation des expérimentations que tout un chacun réalise sur la base de ses modèles mentaux (Le Moigne 1990, Bommel 2009). La modélisation consiste à penser un système ; il faut associer des éléments et le faire dans un cadre contraint, qui est le périmètre du modèle. L'association des éléments, des variables et des procédures du modèle est un exercice intellectuel qui obéit à la logique et oblige le modélisateur à donner du sens aux mécaniques qu'il associe les unes avec les autres (Banos 2013). D'autres part, il arrive toujours un moment où l'association des éléments connus par le modélisateur seul ne suffit pas à compléter le modèle ; le modélisateur sera amené à compléter les éléments manquants (Becu et al. 2003a). La modélisation oblige à opérationnaliser chaque règle que l'on intègre (d'Aquino 2016). Il lui faut aller chercher des informations ailleurs, lire des documents qu'il n'a pas l'habitude de lire, se renseigner auprès d'autres personnes. Dans un processus de modélisation, il est également souvent amené à tester différentes façons de représenter les mécanismes, tâtonner et réaliser de mini-expériences pour choisir la meilleure façon de

représenter tel ou tel phénomène. Ainsi, chemin faisant, le modélisateur apprend, découvre, expérimente sur le système qu'il est en train de modéliser. C'est cet apprentissage que la modélisation d'accompagnement cherche à faire partager auprès des parties prenantes impliquées. Mais la modélisation ne s'arrête pas à l'élaboration du modèle. L'ensemble du processus de modélisation et de simulation est concerné. Ainsi, les différentes étapes du cycle « questionnement-hypothèses-conception-calibration-vérification-scénarios-simulation-interprétation-évaluation » peuvent être source d'apprentissage. On trouve donc dans la littérature des applications où des acteurs locaux sont impliqués dans l'étape de questionnement (d'Aquino et al. 2001b), de conception (de Coninck et al. 2013b, Dupont et al. 2015), de calibration (Lidon et al. 2018), de vérification (Barreteau et al. 2001), de choix de scénarios et de simulation (Becu et al. 2006) ou bien encore d'évaluation. La modélisation d'accompagnement, et plus généralement la modélisation participative, cherche à faire partager ces différentes étapes du cycle de modélisation avec les non-modélisateurs. Pour ce faire, différents artefacts ou méthodes, comme les jeux de rôles ou la méthode de conceptualisation A.R.D.I. vont être mobilisés. Mais ces outils et méthodes s'inscrivent dans une démarche d'ensemble qui va être étudiée dans le chapitre qui suit.

5.1.4. Une démarche rythmant le processus de modélisation

La modélisation d'accompagnement se définit comme une démarche, et plus particulièrement comme une démarche de concertation. Elle convoque la modélisation pour servir un objectif, qui est l'accompagnement d'un collectif dans un processus qui va lui apporter des connaissances et l'amener à échanger des points de vue au sujet du système complexe étudié. Mais cela se déroule dans un certain cadre et selon des façons de faire bien définies, que l'on appelle communément la démarche de modélisation d'accompagnement.

Comme pour tout dispositif participatif, un processus de modélisation d'accompagnement⁸⁸ comporte des porteurs, qui mettent en œuvre le processus, préparent les ateliers, les animent et les évaluent ; des participants qui participent aux ateliers, partagent des connaissances et des points de vue (les porteurs participent également au processus). Ce processus se déroule dans un contexte, qui a une dimension sociale et politique, voire éventuellement institutionnelle et économique, de rapports de pouvoir entre les parties prenantes dont font partie les participants et les porteurs. À cela, s'ajoutent, dans le cas de la modélisation d'accompagnement, des instruments de représentation de connaissances qui peuvent prendre différentes formes (schéma, modèle informatique, carte, dispositif de jeu de rôles, etc.), qui sont désignés ici par le terme d'artefacts. La démarche consiste alors à

⁸⁸ La terminologie « processus de modélisation d'accompagnement » désigne l'application de la démarche de modélisation d'accompagnement.

organiser un processus de modélisation impliquant les participants, en leur faisant suivre différentes étapes du processus de modélisation décrit plus haut au travers d'ateliers spécialisés, appelés aussi temps forts collectifs (Figure 15).

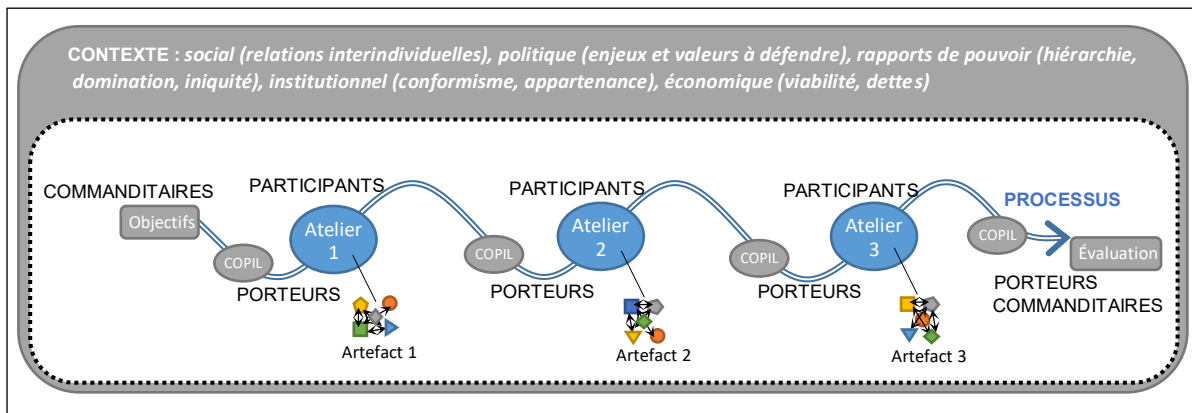


Figure 15 : Le processus de modélisation d'accompagnement (nota : les différentes parties prenantes, notées en lettres capitales, peuvent prendre part à la définition des objectifs, à l'évaluation ou bien encore aux COPIL (comités de pilotage) ; les parties prenantes du contexte peuvent également prendre part à ces différents temps)

Les artefacts servent de fil conducteur entre les différents ateliers. Leur forme varie et leur contenu peut évoluer d'un atelier à l'autre, mais le principe est le même : les participants doivent pouvoir retrouver au travers de cet artefact des éléments d'accord ou de désaccord discutés lors des ateliers précédents. Cela peut se traduire par différentes versions d'un modèle qui s'affine à chaque étape, ou bien par une implémentation différente d'une même conceptualisation du système étudié, par exemple sous la forme d'un schéma, puis d'un jeu de rôles, puis d'un modèle informatique.

Comme pour tout dispositif participatif, la régularité de la participation aux ateliers n'est pas garantie ; le processus est soumis à de multiples imprévus et l'issue du processus n'est pas prévisible. La différence tient à ce que dans le cas de la modélisation d'accompagnement, les périodes entre deux ateliers sont souvent assez espacées, notamment lorsqu'il s'agit de réaliser des développements importants sur l'artefact entre deux ateliers (Becu 2015a).

5.1.5. Le partage de connaissances et de points de vue au sein d'un collectif

Ainsi, l'artefact sous ses différentes formes et versions est l'objet intermédiaire, au sens de Vinck (1999), qui lie les différentes phases du processus. Or, il remplit également le rôle d'objet-frontière au sens de Star et Griesemer (1989) ou d'objet intermédiaire médiateur comme le définit Vinck dans son article de 2009 (Vinck 2009). La fonction de médiateur ou d'objet-frontière permet à l'artefact de faire le liant entre des acteurs provenant de différents mondes sociaux (voir le Chapitre §5.3.2 pour une lecture plus approfondie de la fonction de médiateur de l'objet intermédiaire).

Dans un processus de modélisation d'accompagnement, cette médiation portée par l'artefact tout autant que par les porteurs de la démarche, favorise le partage de connaissances et de points de vue au sein d'un collectif de personnes. Les applications de cette démarche sont de deux types. D'une part on trouve celles qui concernent essentiellement le partage de connaissances et de points de vue entre chercheurs. Le modèle sert alors d'intermédiaire entre les chercheurs de disciplines différentes, et l'objectif du processus est associé à la production d'une vision intégrée des phénomènes étudiés. D'autre part, on trouve les applications qui concernent des collectifs hétérogènes d'utilisateurs, d'acteurs institutionnels, d'experts et/ou d'entrepreneurs. Dans ce cas, le processus a une portée participative au sens du développement participatif, à savoir un processus au travers duquel les parties prenantes partagent le contrôle sur les décisions et les ressources qui les affectent (World Bank 1994)⁸⁹. Notons que dans le premier cas, on retrouve également des luttes de pouvoir au sein des collectifs de chercheurs, des processus de domination et de compétition. La différence réside dans la nature de l'enjeu et dans la complexité du contexte d'intervention. Dans le premier cas, l'enjeu porte sur la production, l'appropriation et la légitimité d'un élément de connaissance. Dans le deuxième cas, l'enjeu dépasse souvent la sphère intellectuelle et traite des retombées socio-économiques, organisationnelles, ou encore réglementaires. Dans le premier cas, le contexte d'intervention est restreint à la sphère scientifique, et, dans bien des cas, les objectifs d'intervention se mêlent à ceux des porteurs (il s'agit en quelque sorte d'un processus d'auto-accompagnement). Dans le second cas, le contexte d'intervention comporte différentes institutions, pouvant évoluer dans des sphères différentes, et les objectifs d'intervention sont multiples (chaque acteur ayant des attentes propres) et doivent composer avec les postures stratégiques des différents acteurs.

Que ce soit lorsqu'il est mené auprès de et pour des chercheurs, ou auprès des acteurs d'un territoire, le processus de modélisation d'accompagnement s'articule autour de l'apprentissage et du partage de points de vue au sein d'un collectif. Cela reste un principe commun à toutes les démarches de modélisation d'accompagnement (Barreteau et al. 2010b). Toutefois, le deuxième cas demande à être étudié plus en détail, et fera l'objet du chapitre suivant.

Cette première partie a présenté les grands principes de la modélisation d'accompagnement et a montré comment le statut accordé au modèle et à la modélisation change par rapport à son acceptation classique et comment elle embrasse la complexité en optant pour un paradigme de modélisation

⁸⁹ La modélisation d'accompagnement s'étant construite dans un organisme dédié au développement, le Cirad, il n'est pas surprenant que ses initiateurs se soient appuyés sur le sens communément donné au terme de participation par les acteurs du développement durable. Le sens accordé au terme de participation serait sensiblement différent s'ils s'étaient tournés vers la littérature française sur la démocratie et la participation citoyenne, pour qui le terme est tellement polysémique que l'on n'en trouve aucune définition dans l'outil DicoPart publié par le Gis, *Démocratie et Participation*.

résolument constructiviste. Cette partie a également montré comment la modélisation d'accompagnement cherche à organiser les temps d'interactions entre les différents protagonistes et comment elle place le modèle et ses artefacts au centre du dispositif pour agir comme médiateur entre des acteurs hétérogènes, dans le but de leur faire partager des connaissances et des points de vue sur le système étudié.

Avant d'aller plus en avant dans l'analyse des outils et des méthodes de la modélisation d'accompagnement, le chapitre suivant étudie de plus près, l'application de la modélisation d'accompagnement auprès de collectifs hétérogènes d'utilisateurs et d'autres acteurs des territoires. Les deux chapitres qui succéderont à ce prochain chapitre, seront consacrés au Design-In-the-Small et au Design-In-the-Large de la modélisation d'accompagnement.

5.2. La modélisation d'accompagnement en appui aux acteurs d'un territoire

5.2.1. Une démarche participative visant l'action collective et l'épanouissement

Comme évoqué plus haut, la modélisation d'accompagnement, lorsqu'elle est mise en œuvre auprès des acteurs d'un territoire, se place dans une posture de participation qui vise un partage du contrôle sur les décisions et une émancipation des acteurs locaux. Pour affirmer ce positionnement, la littérature sur la modélisation d'accompagnement cite parfois la typologie élaborée par Pretty (1995) à propos des formes de participation identifiées dans le cadre de programmes de développement durable (Figure 16).

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1- Participation "manipulatrice" (Cooptation) 2- Participation "passive" (Obéissance) 3- Participation "par consultation" 4- Participation "en échange d'incitations matérielles" 5- Participation "fonctionnelle" (Coopération) 6- Participation "interactive" (Co-apprentissage, co-décision) 7- "Auto-mobilisation" (initiative locale et indépendante) |
|--|

Figure 16 : Typologie des formes de participation selon Pretty (1995)

La modélisation d'accompagnement, dans sa portée participative auprès des acteurs des territoires, revendique un positionnement correspondant à une participation « interactive » ou d'appui au self-design (Etienne 2010a, d'Aquino et Bah 2013). L'objectif est d'accompagner des acteurs locaux dans la construction d'actions collectives sur leur territoire et dans leur « épanouissement » cognitif, social et politique, afin qu'ils soient en capacité de jouer un rôle dans les décisions qui affectent leur territoire. Dans le même ordre d'idées, Reed parle de « participation active », c'est-à-dire d'un processus au travers duquel les parties prenantes prennent un rôle actif dans les processus de prise de décision qui les affectent (Reed 2008).

Une autre façon d'expliciter le positionnement de la modélisation d'accompagnement vis-à-vis des formes de participation consiste à s'appuyer sur la conceptualisation proposée par Barreteau et al. (2010a, 2013) à propos du contrôle que certains acteurs ont sur l'utilisation du modèle dans le cadre de la modélisation participative. Rappelons que la modélisation d'accompagnement est une branche de la modélisation participative (Voinov et Bousquet 2010) ; dans le cadre de cette dernière, le terme « participation » est uniquement entendu comme l'implication des acteurs dans le processus de modélisation. Dans la conceptualisation proposée par Barreteau et al., il est entendu que le contrôle sur la décision passe par le contrôle sur l'utilisation du modèle. Partant de là, les auteurs explorent le flux d'informations existant entre les quatre pôles suivants :

- Les acteurs, notés A, entendus comme les usagers d'un territoire ou plus généralement les personnes affectées par les décisions prises ;
- Les modélisateurs (ou porteurs du processus de modélisation), notés R car les auteurs se réfèrent à des modélisateurs/chercheurs (*researchers* en anglais) ;
- Le modèle, noté M ;
- Les décideurs, notés P (pour *policy-markers*).

Les auteurs définissent alors six situations de flux d'informations entre ces quatre pôles, correspondant à différents niveaux de contrôle de la décision par les acteurs (Figure 17).

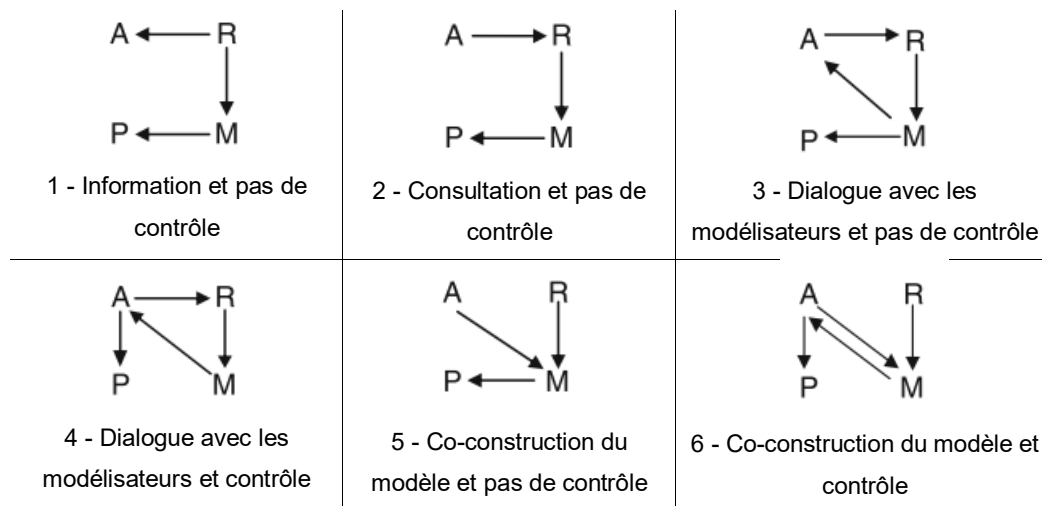


Figure 17 : Niveau d'implication des acteurs dans le processus de modélisation et de décision dans la modélisation participative (source : Barreteau et al. 2013)

L'intérêt de cette représentation est qu'elle permet de penser la participation (au sens de contrôle sur la décision) en rapport avec le processus de modélisation. On voit bien ainsi que dans les cas 1 à 3, les acteurs n'ont pas la possibilité d'agir directement sur le processus de décision : dans le cas 1, ils sont uniquement informés, dans le cas 2, ils sont uniquement consultés ; dans le cas 3, ils sont consultés et informés mais ne peuvent pas émettre un avis en retour. Dans les cas 4 à 6 par contre, les acteurs

agissent sur le processus de décision. Le cas 4 correspond à l'*empowerment* des acteurs par les porteurs, au travers du processus de modélisation ; les acteurs échangent avec les décideurs, forts des nouvelles connaissances et capacités acquises au travers du processus. Le cas 5 est une démarche de co-construction entre acteurs et modélisateurs pour produire des recommandations à destination des décideurs. Enfin, le cas 6 est également une démarche de co-construction entre acteurs⁹⁰ et modélisateurs, dans laquelle les acteurs sont en position de contrôler ce qui sort du modèle et peuvent donc influencer directement le processus de décision.

Au sein de ces différentes façons de pratiquer la participation dans la modélisation participative, la modélisation d'accompagnement, elle, lorsqu'elle se positionne en tant que démarche participative en appui aux acteurs des territoires, correspond aux cas 4 à 6 de la Figure 17⁹¹. Pour ce faire, elle doit penser son articulation avec le territoire ; c'est l'objet du chapitre qui suit.

5.2.2. Articulation entre le processus et le territoire

Pour tendre vers un objectif d'action collective, la démarche de modélisation d'accompagnement s'intègre dans un territoire qui comporte nécessairement des dynamiques institutionnelles, politiques et sociales complexes et enchevêtrées. Le Chapitre §5.4.1, analysera comment cette intégration (qui passe notamment par une insertion dans les processus décisionnels), peut se réaliser et ce que cela implique. Mais dans l'immédiat, je vais m'attacher à représenter conceptuellement cette articulation entre le processus de modélisation d'accompagnement et le contexte territorial dans lequel il s'insère. Cette représentation schématique permettra de mieux structurer l'analyse qui suivra dans les prochains chapitres, concernant les méthodes et les processus déployés par la modélisation d'accompagnement. Pour ce faire, je mobilise quatre concepts ou cadres théoriques.

5.2.2.1. Premier concept : le processus d'accompagnement et le territoire co-évoluent

Il serait erroné de penser qu'un processus de modélisation d'accompagnement, tout comme tout autre processus participatif se déroulant sur une période suffisamment longue (de quelques mois à plusieurs années), agit sur le système territorial dans lequel il s'inscrit à la manière d'un processus parallèle indépendant. Certes, on peut identifier un début et une fin au processus, avec des objectifs initiaux et des effets à la fin, mais dans les faits, le processus de modélisation d'accompagnement et le territoire co-évoluent durant toute la durée du projet. Cette co-évolution se produit parce que les acteurs

⁹⁰ À noter que la catégorie acteurs (A) dans la conceptualisation de Barreteau et al. inclut également les décideurs. Les décideurs sont donc potentiellement inclus dans la démarche de co-construction du cas 6.

⁹¹ Dans le cas 5, les acteurs agissent sur le processus de décision au travers de la co-construction mais ne gardent pas le contrôle sur la façon dont on est utilisé le modèle. Ceci amène Barreteau et al. (2013) à ne pas privilégier cette voie pour des processus où l'objectif est l'appui à l'action collective via l'apprentissage social, mais plutôt à privilégier le cas 6.

impliqués dans le processus participatif le sont aussi dans la gouvernance de leur territoire. En effet, la démarche de modélisation d'accompagnement intègre des phases de questionnement et de révision des objectifs en cours de processus (cf. supra) prenant la forme de multiples COPIL au sein du processus ; par ailleurs, la démarche génère un apprentissage social, qui conduit les attentes et les intérêts des parties prenantes à évoluer en cours du processus.

5.2.2.2. Deuxième concept : distinguer effets du processus et impacts sur les institutions

Un processus d'accompagnement génère des apprentissages, classifiés en 2010 en cinq catégories : technique, relatif à l'enjeu, au sujet des autres, communicationnel et organisationnel (Daré et al. 2010). Le Chapitre §7.1 reviendra sur la question des apprentissages et proposera une nouvelle classification au regard des nombreux apports de la littérature venant du domaine du *simulation and gaming*, des jeux sérieux ou bien encore des sciences politiques. À ce stade, les apprentissages sont considérés comme relevant de trois ordres : cognitif, social et politique. Plus généralement, ces apprentissages constituent ce que l'on peut nommer les effets du processus. Il s'agit d'effets individuels et/ou collectifs sur les participants au processus. Ces participants au processus font eux-mêmes partie d'institutions ou de collectifs au sein de leur territoire. Les effets du processus sur les participants ont des conséquences sur la façon dont ces individus vont agir au sein de leurs institutions, de leurs collectifs ou de leur territoire. Le terme « d'impact » est utilisé ici pour qualifier ces conséquences institutionnelles et sociales. Ainsi, il convient de distinguer les effets du processus sur les individus et le groupe de participants de son impact sur les institutions et l'environnement social du territoire dans lequel le processus s'inscrit.

Une question récurrente posée aux praticiens de la modélisation d'accompagnement et des démarches participatives en général est celle de l'impact du processus mis en place, souvent qualifié d' « impact réel ». Les praticiens sont bien incapables de répondre à cette question ou d'apporter des éléments de preuve sur des « impacts réels » des dispositifs qu'ils mettent en place. Les mises en œuvre sont tellement dépendantes du contexte d'application et intriquées avec les dynamiques du territoire qu'il est impossible de discerner si les impacts observés sont le résultat du processus ou d'autres procédures à l'œuvre sur le territoire⁹². En outre, si l'on se réfère au paradigme de la science

⁹² Dans plusieurs cas, les porteurs de projet ont pu relever sur le terrain, plusieurs années après la mise en œuvre du processus de modélisation d'accompagnement, des impacts correspondant à des éléments issus des simulations qui avaient été réalisées à l'époque (d'Aquino 2015, Lidon et al. 2018). Dans un autre cas, les résultats de simulation issus du processus de modélisation participative ont contribué aux échanges ayant abouti à la mise en place de nouvelles politiques publiques, en l'occurrence la réduction du prix du carburant par les autorités d'une région d'Indonésie (Smajgl et al. 2011). Plus récemment, un autre article (Meinzen-Dick et al. 2018) montre que l'adoption de nouvelles règles de gestion des eaux souterraines au sein de communautés de cultivateurs en Inde a été plus importante pour les communautés auprès desquelles un dispositif de simulation participative a été déployé pendant plusieurs années, que pour les autres communautés de la région.

post-normale, l'évaluation du résultat du processus au travers de ses impacts est un leurre tant les incertitudes sont grandes et la justesse des décisions relative au point de vue de celui qui l'évalue. Dans une démarche post-normale, l'évaluation du processus se fait plutôt au regard du chemin parcouru et de la qualité des interactions qui se sont produites. Ainsi, pour en revenir à notre conceptualisation de l'articulation entre le processus et son territoire, il convient de distinguer les effets du processus de ses impacts, tout en gardant à l'esprit que le lien de causalité entre les deux n'est pas mesurable, ou ne l'est du moins pas dans l'état actuel de nos connaissances. Pour parler de ce lien, et comme évoqué dans la section qui suit, Klabbers préfère utiliser les termes de conséquences institutionnelles et sociales plutôt que d'impact.

5.2.2.3. Troisième concept : deux niveaux de design, Design-In-the-Small et Design-In-the-Large

Comme abordé dans notre paragraphe consacré à l'épistémologie du *simulation and gaming* (Chapitre §2), Klabbers distingue deux niveaux de design : le Design-In-the-Small (DIS) qui se réfère à la conception de l'artefact (un jeu, une simulation, un atelier de co-construction) et le Design-In-the-Large (DIL) qui se rapporte à la façon dont l'artefact est déployé auprès d'un réseau d'acteurs en vue de produire du changement social (Klabbers 2009b). L'analogie entre la réflexion de Klabbers sur le DIL et la démarche de modélisation d'accompagnement est grande. Klabbers se réclame de la science post-normale et s'intéresse à la conception et au design de ces processus, comme la modélisation d'accompagnement (l'association a réaffirmé ce positionnement dans une version plus récente de sa charte ; Association ComMod 2013). De même, l'articulation que la modélisation d'accompagnement réalise entre le processus et les temps forts collectifs s'apparente fortement au lien que Klabbers établit entre ces deux niveaux de design : DIS et DIL. Klabbers estime à ce sujet que pour parvenir à une recherche efficiente dans le domaine de la science du design, il est important de concentrer les travaux aujourd'hui sur des démarches, des éléments de conception visant à faciliter les ponts et à articuler les deux niveaux de design (Klabbers 2009b).

Voici les éléments de conception des deux niveaux de design qu'il identifie permettant de faire le lien entre DIS et DIL.

	Élément de conception
Design-In-the-Small (DIS)	Design de l'artefact
	Procédures de mise en œuvre
	Instanciation de l'artefact
Design-In-the-Large (DIL)	Design du meta-artefact (équivalent au design du processus)
	Contexte social et arène d'actions dans lequel se déroule le processus
	Conditions institutionnelles d'interaction avec le processus
	Conséquences institutionnelles et sociales de l'interaction avec le processus
	Évaluation participative du processus

Figure 18 : Lien entre DIS et DIL (adapté de Klabbers 2006, 2009b)

Les réflexions de Klabbers permettent de remettre en perspective les conséquences institutionnelles et sociales de l'interaction avec le processus au regard des conditions d'application de ce processus, du contexte social dans lequel il s'inscrit et de l'arène d'actions dans laquelle il se déroule.

5.2.2.4. Quatrième concept : L'arène d'actions au sein de son contexte social

L'arène d'actions est l'espace décisionnel dans son contexte social, au sein desquels les actions de décision s'opèrent. Au sens d'Elinor Ostrom, les décisions ont trait aux modes de régulation (des ressources en l'occurrence) ; elles s'opèrent au sein d'institutions (publiques ou privées, officielles ou non, peu importe) qui sont des collectifs d'individus (Ostrom 1990). Ces individus sont mus par leurs propres intérêts et représentations. Les prises de décisions au sein de cette arène d'actions sont l'objet et le produit de conflits, de jeux de pouvoir et de compromis entre les intérêts individuels, chacun ancrant sa stratégie individuelle dans un historique de négociations et de rapports aux autres. Les modes de régulation qui en résultent font l'objet de contestations et peuvent être remis en cause par ces mêmes individus ou par d'autres (Figure 19).

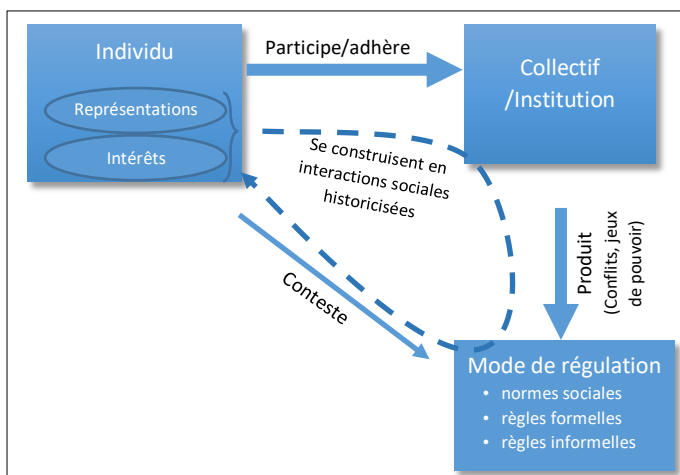


Figure 19 : L'arène d'actions : des individus, des collectifs, des jeux de pouvoir et la production de règles

5.2.2.5. Conceptualisation d'ensemble de l'articulation entre le processus et le territoire

Les concepts étant posés, je propose à présent une conceptualisation de l'articulation entre le processus de modélisation d'accompagnement et le territoire dans lequel il s'inscrit. L'angle d'approche retenu tente de rendre compte de la dimension institutionnelle et sociale du territoire.

Le schéma ci-dessous (Figure 20) illustre les concepts énoncés et les éléments d'articulation suivants :

- Un processus de modélisation d'accompagnement interagit avec des arènes d'actions propres au territoire, qui sont elles-mêmes en interaction avec la sphère sociale du territoire. Processus, arènes d'actions et sphère sociale sont imbriqués et co-évoluent.
- Le changement social opère plus vite dans le processus participatif que dans les arènes d'actions et la sphère sociale.
- Le processus est en interaction plus ou moins étroite avec les arènes d'actions et la sphère sociale au travers des apprentissages sociaux, cognitifs et politiques qu'il génère et qui peuvent avoir des conséquences institutionnelles et sociales.
- Ces conséquences dépendent des conditions intentionnelles d'application du processus et de fenêtres d'opportunités qui peuvent s'ouvrir au sein des arènes d'actions du territoire.
- Ces arènes d'actions font intervenir des relations de pouvoir et des stratégies individuelles qui se construisent dans la sphère sociale propre au territoire.
- La sphère sociale est porteuse de valeurs qui donnent du sens à l'action menée.
- Le processus étant propre au territoire dans lequel il s'imbrique, son évaluation porte notamment sur l'adéquation entre son design, les dynamiques territoriales à l'œuvre, et les interactions qui se sont produites.

La Figure 20 illustre les liens potentiels entre l'artefact et le territoire, ce qui n'implique pas que le déploiement de l'artefact aura nécessairement un effet sur le territoire. Pour cela, il faut que le design du processus soit tel que les interactions entre les deux soient possibles. L'analyse de la façon dont le dispositif peut s'intégrer dans le territoire fait l'objet des Chapitres §5.4.1 et §8.2.

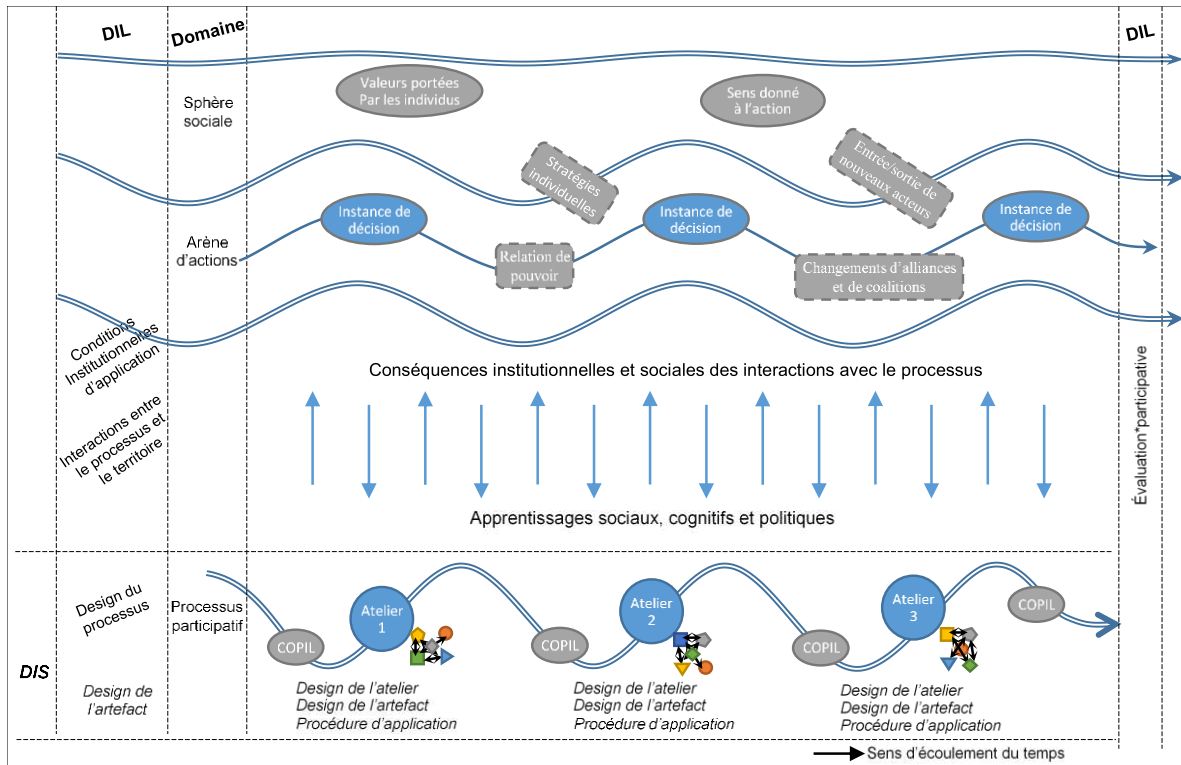


Figure 20 : Articulation entre le processus de modélisation d'accompagnement et le territoire

De même, la conceptualisation schématisée dans la Figure 20 ne prétend pas établir un cadre d'analyse globale et ne vise en rien l'exhaustivité. Dans la suite de ce chapitre, d'autres démarches d'analyses seront étudiées, comme ceux de Hassenforder et al. (2015), Campo (2011), d'Aquino et Bah (2013, 2014), ou bien encore ceux des auteurs de la modélisation participative comme Gray et al. (2018). À ce stade, cette conceptualisation constitue un support à la réflexion pour l'analyse du rôle que peut jouer la simulation participative dans les processus de changements sociétaux et organisationnels des territoires. Elle aide également à structurer l'analyse qui suit des travaux menés en modélisation d'accompagnement. Ainsi, les deux chapitres suivants, s'intéressent successivement au Design-In-the-Small du processus et au Design-In-the-Large. Concernant le DIS, le chapitre traite des outils mobilisés puis du rôle médiateur de l'artefact. Concernant le DIL, le chapitre dédié aborde l'intégration de la démarche dans les territoires, la prise en compte des relations de pouvoir et la posture des porteurs.

5.3. Design-In-the-Small de ComMod

Ce chapitre examine les éléments de design de la modélisation d'accompagnement qui relèvent des artefacts et de leur mise en œuvre dans le cadre d'ateliers participatifs. Ces éléments nourrissent et participent à la réflexion sur la simulation participative. L'étude porte dans un premier temps sur les outils et les méthodes de la modélisation d'accompagnement, notamment le croisement opéré entre

simulation multi-agents et jeux de rôles. Puis, il s'agira d'étudier leur mise en œuvre dans le cadre d'ateliers participatifs.

5.3.1. Outils et méthodes mobilisés en modélisation d'accompagnement

5.3.1.1. Représentation par les systèmes multi-agents, point de vue et rôle

Le terme de système multi-agents renvoie à un mode de représentation particulier des interactions au sein d'un système complexe, qui a été décrit notamment par Ferber (1995). Le terme de simulation multi-agents se rapporte quant à lui à la mise en dynamique d'un système multi-agents, sous la forme d'une succession d'états dont chacun dépend du précédent⁹³. Une représentation de type système multi-agents peut s'appliquer tout aussi bien à un modèle informatique qu'à la description d'un système observé dans la réalité, ou bien encore à la description de la structure d'un jeu. Elle constitue un paradigme de représentation bien adapté à la modélisation des socio-écosystèmes. *« D'un côté, les agents représentent les porteurs d'enjeux sur un territoire donné, depuis le niveau élémentaire des individus jusqu'au niveau plus agrégé de groupes d'individus définissant (lato sensu) des institutions, dont le fondement peut être social comme dans le cas des familles, économique comme par exemple une coopérative agricole, ou encore politique (cas des organisations non-gouvernementales). De l'autre, l'environnement [dans lequel les agents évoluent] représente le support spatial du territoire, porteur de différents types de ressources. Ces ressources sont affectées à la fois par les actions directes des agents et par les processus dynamiques intrinsèques qui les caractérisent. L'état des ressources évoluant, les décisions des agents doivent tenir compte de cette nouvelle situation : ils sont susceptibles de changer à leur tour. »* (Le Page 2017).

Ce paradigme de représentation présente par ailleurs de nombreuses analogies avec des concepts mobilisés en sciences sociales : les agents ont des représentations, ils communiquent avec d'autres agents, ils perçoivent leur environnement. De même, ils peuvent apprendre, avoir des croyances, une mémoire, peuvent oublier, ils décident, élaborent des plans. Autant d'analogies qui vont faciliter les points d'accroche, les « prises » telles qu'énoncées par Vinck à propos du caractère médiateur des objets intermédiaires, entre la représentation du système proposé et des utilisateurs non-experts de la modélisation. Bousquet, Le Page et leurs collègues vont ajouter à ce bagage conceptuel la notion de point de vue, qui représente la façon dont un observateur regarde le système. Ainsi, dans la plateforme de modélisation multi-agents Cormas, plateforme informatique développée par les initiateurs de la démarche et dont les mises à jour successives ont suivi les avancées du domaine (Bousquet et al. 1998,

⁹³ Pour « mettre en dynamique » un système multi-agents, il faut qu'il ait été opérationnalisé et que l'état initial ait été défini. La notion de modèle opérationnel est abordée dans la section suivante.

Le Page et al. 1999b, 2000, 2012, Le Page et Bommel 2005, Becu et al. 2013, 2016c, Bommel et al. 2014, 2015, 2018b, 2018a), l'utilisateur peut choisir le point de vue selon lequel il regarde l'état de l'environnement ou les agents. Cette fonctionnalité permet ainsi de développer des simulations multi-agents, multi-points de vue, où différents utilisateurs interagissent avec la même simulation mais chacun selon un point de vue différent (Figure 21, Becu et al. 2014b).

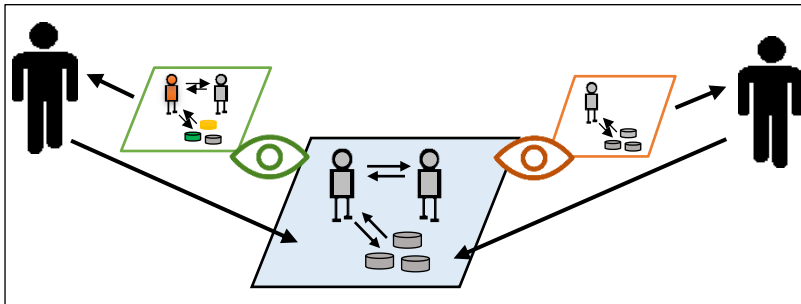


Figure 21 : Interagir à plusieurs sur la même simulation mais selon différents points de vue

Pour opérationnaliser cette fonctionnalité multi-utilisateurs dans Cormas (Figure 22), j'ai intégré dans la plateforme Cormas le concept d'habitus proposé par Bourdieu (Bourdieu 1980), en associant à chaque utilisateur un habitus qui spécifie la façon dont il peut interagir avec la simulation informatique (Becu et al. 2014b).

Habitus' pattern		Mayor	Building contractor
Name	Icon		
Objectives		-Develop 15 new building zones -Reach a popularity of 9 points	-Obtain a sufficient return on investment
Perceived environment (which and how entities are shown on the map)		-Map of local urban development plan, limits of properties -Land use map -Location of harriers and hives -Water quality score	-Real estate value map, limits of properties -Map of local urban development plan -Land use map -Location of harriers and hives
Information at disposal		-Build parks -Build water-treatment plant -Include a land plot in the area accepted (or not accepted) to build on -Exercise pre-emption right and purchase a land plot at its asking price -Grant subsidies -Change profit tax rate	-Propose to buy a forest plot or a field -Build conventional housing -Build ecological housing -Sell new housing -Subscribe a bank loan -Sponsor the ecologist
Possible actions			
Ecologist		Forester	Farmer
-Reach the best possible environmental status		-Sustain logging profitability and environmental performance	-Sustain farm profitability and environmental performance
-Ecosystem services map, location and healthiness of harriers, location of hives and bees' presence		-Land use map, forest plot profitability, location of hives and bees' presence	-Land use map, farm fields profitability, location of harriers on the farm
-Habitat preferences and tolerances of harriers and bees		-Bee population size per hive -Location of harriers	-Location of harriers and hives outside the farm -Healthiness of harriers on the farm -Farm fields where bees gather nectar
-Farm fields where bees gather nectar		-Clear-fell a forest plot -Thin a forest plot -Apply controlled thinning practices on a forest plot -Propose a plot for sale -Sponsor the ecologist	-Convert a field to organic farming -Convert a field to conventional farming -Apply late moving on a field -Put up a field for sale -Sponsor the ecologist
-Water quality score			
-Maps of land use and of local urban development plan			
-Count harriers on the map			
-Count bees on the map			

Figure 22 : Intégration du concept d'habitus dans la plateforme Cormas (source : Becu et al. 2014b). À chaque habitus (cinq exemples sont décrits dans la figure) correspond un point de vue sur le monde, la priorisation de certaines informations et des actions spécifiques.

L'ajout du concept d'habitus dans Cormas permet d'approfondir la prise en compte de la diversité des points de vue sur le monde, qui ont pour origine l'habitus (passé, histoire, capacités et expériences acquises...). L'utilisateur de la plateforme, se voit alors doté d'une interface spécifique correspondant à un habitus. Lors de la mise en œuvre de la simulation, l'utilisateur se voit souvent également doté d'un rôle, caractérisé par un objectif, une intention et des possibilités d'interactions (éventuellement

contraintes) avec les autres acteurs du réseau (Kikkawa 2014). Une implémentation du concept de rôle dans les systèmes multi-agents a d'ailleurs été proposée très tôt par Ferber et Gutknecht (1998). Les auteurs proposent alors le concept d'agent, jouant un rôle dans un groupe. L'agent pouvant appartenir à différents groupes au sein desquels il joue un rôle spécifique, deux processus se produisent. D'une part, des éléments tels que des percepts, des connaissances ou des croyances circulent d'un groupe à l'autre. D'autre part, les décisions que l'agent prend au sein d'un groupe dépendent également de son vécu dans les autres groupes (Seddari et al. 2017). Dans sa thèse, Géraldine Abrami implémente le concept d'agent-groupe-rôle dans Cormas (Abrami 2004). Malheureusement, les mises à jour successives de la plateforme n'ont pas permis de maintenir cette fonctionnalité.

5.3.1.2. Opérationnaliser les systèmes multi-agents sous la forme d'un jeu ou d'une simulation

Par ailleurs, le jeu est utilisé en complémentarité d'une modélisation. Comme abordé plus haut, la correspondance entre jeu et simulation date des origines du *simulation and gaming*. Barreteau et al. (2001) revisitent ce couple jeu/modèle en proposant le schéma suivant : (1) à partir d'une analyse de la réalité, on formalise (2) un modèle conceptuel sous la forme d'un système multi-agents, qui peut être implémenté soit (3) sous la forme d'un jeu de rôles, soit (4) sous la forme d'une simulation informatisée (Figure 23). L'un et l'autre contribuent à apporter des éléments de réponses aux problèmes et questions qui se posent dans la réalité.

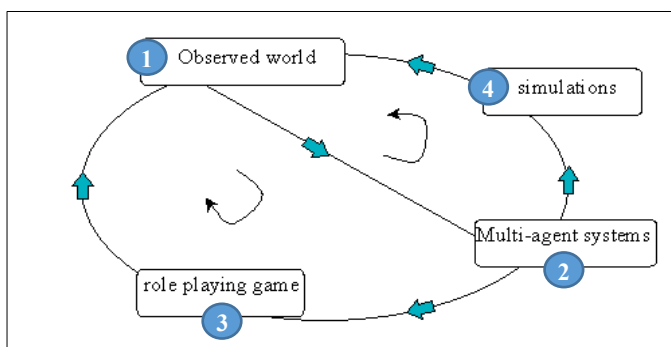


Figure 23 : Association jeu/modèle (source : Barreteau et al. 2001)

Afin de décrire clairement la chaîne de traduction allant de la réalité à un système multi-agents, puis à une version implémentée de la simulation, Le Page et al. (2010) vont proposer de reprendre la nomenclature de Drogoul et al. (2003) définissant les modèles et les rôles du processus de conception. Pour passer de la réalité observée à une description formelle sous la forme d'un système multi-agents (de (1) à (2) dans la Figure 23, il est nécessaire de passer par deux étapes de traduction successives. Tout d'abord, les thématiciens traduisent la réalité observée en un modèle du domaine, c'est-à-dire une description systémique ayant une sémantique stabilisée permettant d'identifier les entités (y compris les agents) et les relations (on utilise souvent le formalisme A.R.D.I. pour cela (Etienne 2009,

Etienne et al. 2011)). Puis les modélisateurs traduisent le modèle du domaine en un modèle conceptuel, c'est-à-dire un modèle formel qui permet de spécifier les entités utilisées, de vérifier la cohérence des relations, de supprimer les ambiguïtés potentielles et de proposer une organisation et des mécanismes pour rendre opérables les relations entre les entités (on utilise souvent la sémantique UML pour ce faire, et plus spécifiquement le triptyque : diagramme de classes, diagramme de séquences et diagramme d'activités). La dernière étape réside dans la traduction du modèle conceptuel en un modèle opérationnel. Les informaticiens peuvent le traduire sous la forme d'un modèle de simulation informatique. Les concepteurs de jeux peuvent le traduire sous la forme d'un jeu de rôles. Ainsi, l'ensemble du processus de conception est une chaîne de traductions successives impliquant différents domaines de compétences (Figure 24).

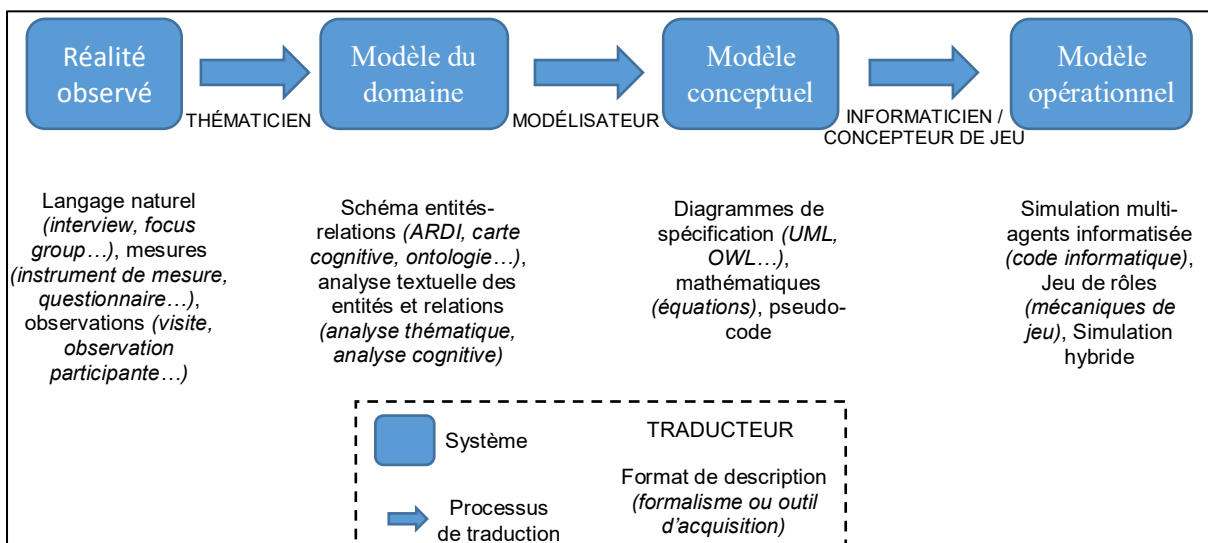


Figure 24 : Chaîne de traductions du réel à la simulation (illustration basée sur Drogoul et al. 2003, Le Page et al. 2010) ; pour de plus amples détails sur les différents types d'analyse textuelle, se référer à Fallery et al. (2007)

Le Page et al. (2010) considèrent que dans une modélisation d'accompagnement, le modèle conceptuel résulte d'un processus de co-construction qui unit étroitement des thématiciens et des modélisateurs.

Le modèle opérationnel est donc dans un processus ComMod tantôt un jeu de rôles, tantôt une simulation informatique, tantôt un mixte des deux (c'est-à-dire un modèle de simulation à base d'agents hybrides – MAHy - pour reprendre la nomenclature de Le Page et al. (2010)). L'usage de l'une ou l'autre des formes va dépendre des objectifs. Le Chapitre §5.3.1.4 reviendra sur cet usage différencié.

5.3.1.3. Analyse comparée des jeux et simulations

En 2008 et 2009, j'ai comparé avec mes co-auteurs les différents types de modèle opérationnel en fonction de leurs apports pour des participants à des ateliers de simulation (Becu et al. 2010a). L'analyse a été réalisée dans le cadre du projet ADD ComMod, qui a permis de rassembler des données standardisées sur 27 études de cas d'application de la démarche ComMod (Etienne 2010a). Trente-et-un ateliers de simulation, pouvant avoir des buts différents (prospectif, co-construction, concertation), ont été analysés. Vingt-et-un sont des ateliers mobilisant un jeu de rôles (assisté par ordinateur, MiAH ou non), huit utilisent des simulations informatiques et deux mobilisent des modèles de simulation hybrides (MAHy). Sur l'ensemble de ces ateliers, 321 éléments argumentatifs, provenant de l'avis (positif ou négatif) des participants à l'atelier, des concepteurs ou d'experts ayant observé l'atelier, ont été collectés et analysés. Bien que la quantité de données soit importante, leur hétérogénéité invite à la prudence quant à une interprétation trop définitive des résultats obtenus. De plus, il existe trop peu de données au sujet des modèles opérationnels hybrides (MAHy) pour pouvoir les intégrer dans l'analyse. Quoi qu'il en soit, cette analyse reste à l'heure actuelle une référence en matière d'étude comparée à large échelle des différents types de modèles opérationnels utilisés dans la démarche ComMod. Pour mieux refléter le statut de ces données, les résultats ont été présentés dans le guide méthodologie de la démarche ComMod (Daré et al. 2009) sous la forme de baromètres qui expriment des tendances au travers d'un gradient de couleur. La version du « baromètre des outils » présentée ici (Figure 25) a été actualisée en réintégrant la dimension « Changement de perceptions », dont les données n'avaient pas été entièrement analysées en 2008 et 2009, et en ré-analysant la dimension « Production de connaissances », en tenant compte cette fois des avis positifs comme négatifs.

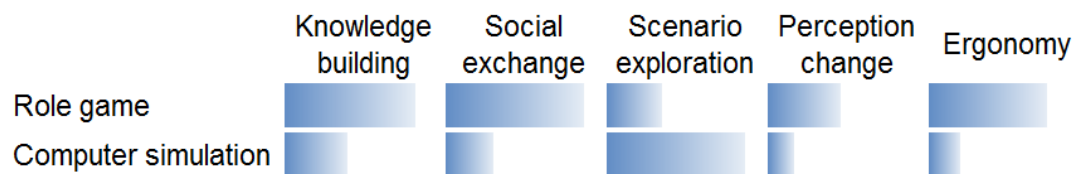


Figure 25 : Baromètre des outils (Becu et al. 2010a) - version actualisée

L'analyse montre que les jeux de rôles sont particulièrement intéressants pour créer un espace d'échanges et d'interactions entre les participants. Leur capacité à générer des apprentissages auprès des participants est également importante, de même que, dans une moindre mesure, leur capacité à susciter des changements de perception sur le système étudié. Le jeu de rôles apparaît comme un outil particulièrement ergonomique qui s'adapte à différents types d'acteurs. Il offre un côté ludique, créant une distanciation qui facilite les échanges et réduit les tensions, que les autres outils ne proposent pas.

Toutefois, certains participants n'adhèrent pas à la dimension ludique du dispositif qui leur est proposé. Dans une certaine mesure, les jeux de rôles permettent de tester des scénarios, mais de manière limitée, car dans la grande majorité des jeux de rôles étudiés ici, chaque partie dure de deux à trois heures, et pour chaque scénario exploré, il faut refaire une partie.

De son côté, la simulation informatique multi-agents apparaît comme particulièrement adaptée à l'exploration de scénarii. Un grand nombre de simulations peuvent être réalisées en peu de temps, voire répétées plusieurs fois, et les participants peuvent ainsi explorer différents scénarios de manière incrémentale (Becu et al. 2008, Lidon et al. 2018). Elle se prête en revanche beaucoup moins à l'échange entre les participants ; peu de changements de perception sont notés durant ces ateliers. Leur capacité à générer des apprentissages auprès des participants est moindre que celle des jeux de rôles mais bien présente ; les ateliers de simulation informatique sont donc bien des espaces de réflexion. Enfin, la simulation informatique souffre d'un désavantage de taille relatif à sa faible ergonomie, qui peut nuire à l'expérience des participants et constituer un obstacle à l'apprentissage. En effet, l'informatisation des dispositifs de jeu tend à réduire leur ergonomie et à augmenter leur technicité (temps d'attente long, difficulté à comprendre le contenu de l'outil et à manipuler ses interfaces). Le Chapitre §8.1.2 examinera ces différents aspects, de même que les éléments de design et d'animation qui peuvent être utilisés pour pallier ce handicap.

5.3.1.4. [Combinaison des jeux et simulation](#)

Ce chapitre a présenté les avantages et les inconvénients des différentes formes de modèles opérationnels. Leur complémentarité a conduit les praticiens de la modélisation d'accompagnement à essayer différentes combinaisons d'utilisation de jeu (informatisé ou non) et de simulation informatique (sans jeu).

En premier lieu, rappelons le cadre de l'utilisation conjointe d'un jeu et d'un modèle informatique tel que conceptualisé par Olivier Barreteau (2003). Précisons, avant d'aller plus loin, que celui-ci parle de modèle informatique au sens large, que ce soit un modèle de calcul de débits d'eau par exemple, ou un modèle de simulation des interactions sociales au sein d'un périmètre irrigué. Ce cadre d'analyse s'applique à toutes les formes d'usages conjoints des modèles et des jeux et pas seulement à ceux à but participatif. Barreteau pose le problème en ces termes : le jeu et le modèle informatique partagent-ils le même modèle conceptuel et sont-ils utilisés de manière concomitante ou successivement, l'un après l'autre (Barreteau 2003) ? Il s'intéresse alors à deux cas : celui où ils sont utilisés de manière concomitante mais ne partagent pas le même modèle conceptuel et celui où ils sont utilisés de manière successive et partagent le même modèle conceptuel.

Lorsque le jeu et le modèle sont utilisés de manière concomitante pour des tâches spécifiques, l'auteur considère trois configurations possibles :

- 1.a. Le modèle est intégré au jeu. Le modèle sert alors l'un des aspects du jeu, comme la modélisation d'une dynamique environnementale particulière dans le jeu.
- 1.b. Le modèle vient étendre le jeu en permettant de simuler l'effet que les décisions prises dans le jeu peuvent avoir sur d'autres facteurs ou à d'autres échelles.
- 1.c. Le jeu est utilisé pour expliquer ce qu'il y a dans le modèle ; il permet d'ouvrir la boîte noire du modèle.

Dans le deuxième cas, lorsque le jeu et le modèle partagent le modèle conceptuel et sont utilisés successivement l'un après l'autre, Barreteau entrevoit les configurations suivantes :

- 2.a. Le modèle est utilisé après le jeu, pour simuler et explorer des scénarios qui auraient été définis et choisis à l'aide du jeu.
- 2.b. Le modèle est utilisé après le jeu, pour simuler les actions entreprises dans le jeu afin de pouvoir les réexaminer (dans un but de recherche ou d'analyse réflexive).
- 2.c. Le jeu est utilisé après le modèle, pour mettre en discussion les hypothèses du modèle, le valider et/ou l'enrichir en faisant ressortir des dynamiques sociales dans le jeu qui n'auraient pas été identifiées lors de la conception du modèle.
- 2.d. Le modèle est utilisé avant le jeu pour permettre de calibrer le jeu en analysant l'effet de différentes configurations possibles des paramètres du jeu.

Dans le cadre de l'usage participatif des jeux et des modèles, le cas 1.a est extrêmement fréquent, étant donné que la plupart des jeux en configuration hybride intègrent des modèles de simulation des dynamiques environnementales ; la section suivante examinera plus en détail ce cas. Le cas 1.b et le cas 2.b sont, dans un cadre participatif, finalement assez proches ; il s'agit plutôt d'utiliser le modèle juste après le jeu de rôles (souvent dans la continuité immédiate de la session) pour analyser le prolongement de ce qui a été réalisé dans le jeu. C'est le cas par exemple du jeu FishCope, où en fin de partie, l'animateur peut simuler automatiquement la suite de la partie qui vient d'être jouée (le modèle reproduit automatiquement N fois, de manière successive, les actions effectuées par les joueurs durant la partie). Les participants peuvent ainsi analyser l'impact sur le long terme de leurs actions (Lapijover 2018, Berry et al. 2019a). Les cas 1.c et 2.c sont également assez proches finalement dans un cadre participatif. En effet, il s'agit ici pour les participants d'interroger le modèle. Le jeu est un moyen d'accéder à ce modèle ; peu importe qu'il soit basé exactement sur le même modèle

conceptuel ou sur une conception assez proche de ce dernier⁹⁴. Cela a été parfaitement illustré par l'une des applications historiques de la modélisation d'accompagnement, l'utilisation du jeu Njoobari à la suite du modèle Shadoc (Barreteau et al. 2001) ; il s'agit d'un jeu pour ouvrir la boîte noire du modèle. Le jeu de rôles permet d'ailleurs dans de nombreux cas à un observateur de mieux comprendre les usages et les interactions sociales à l'œuvre, ce qui peut alors conduire au développement d'une nouvelle version du modèle informatique, plus riche. Un autre exemple plus récent est le jeu GPMax développé dans le cadre de la thèse d'Alice Lapijover (Lapijover 2018, Lapijover et al. 2018a). Le jeu vise ici à dévoiler le fonctionnement d'un programme scientifique et des modèles qu'il mobilise, et à réinterroger leur légitimité. Le cas 2.a – l'utilisation d'une simulation informatique à la suite d'un jeu de rôles pour explorer des scénarios – est également assez fréquent. C'est le cas d'une autre des applications historiques de la modélisation d'accompagnement, SelfCormas (d'Aquino et al. 2001b, 2003). C'est également le cas de nombreuses autres applications qui ont suivi (Castella et al. 2005, Naivinit et al. 2010, Worrappimpong et al. 2010, Barnaud et al. 2012). Le jeu de rôles permet d'introduire le modèle conceptuel (voire de le concevoir en partie), et la simulation informatique permet ensuite d'explorer toute une palette de scénarios⁹⁵. Enfin, le cas 2.d ne revêt pas de caractère participatif en particulier. Il s'agit d'un élément de méthode sur la façon d'élaborer un jeu de rôles, ce qui peut s'avérer particulièrement important mais n'est pas directement lié à l'appui aux acteurs des territoires.

Ainsi, ces différentes combinaisons des jeux et simulations ont montré comment les praticiens de la modélisation d'accompagnement ont cherché à utiliser les apports respectifs des différents modèles opérationnels. La tendance forte à l'heure actuelle est le développement d'applications hybrides, cherchant à combiner de différentes façons la dimension « espace d'échanges et d'interactions sociales » des jeux et la dimension « capacité exploratoire » des simulations informatiques. Si l'innovation technique des recherches menées en ce sens est intéressante, elle ne doit en rien cacher deux autres tendances fortes à l'heure actuelle parmi les praticiens des jeux et simulations. Il s'agit d'une part du fait que de nombreuses applications se font sans recours à l'informatique, ou très peu, ce qui permet d'éviter les inconvénients de l'informatique, que seront étudiés au Chapitre §8.1.2. D'autre part, l'utilisation d'un jeu de rôles (partiellement informatisé ou non) suivi d'une simulation informatique est une combinaison particulièrement bien adaptée à l'accompagnement des acteurs locaux ; elle est souvent utilisée dans les projets d'appui au développement.

⁹⁴ À contrario, il n'y a pas d'application pouvant correspondre aux cas 1.c ou 2.c, où le jeu permettant de mettre en discussion le modèle soit conceptuellement totalement éloigné de ce modèle.

⁹⁵ Christophe Le Page, dans son Habilitation à diriger des recherches (2017), a réalisé un travail important pour recenser les processus où la simulation informatique a soit précédé, soit succédé le jeu de rôles.

5.3.1.5. Co-construire : une démarche itérative de développement

Après les premiers essais de l'usage couplé des jeux et des simulations multi-agents entre 1997 et 1999, il est clairement apparu aux praticiens de la modélisation d'accompagnement investis dans le développement que l'élaboration des artefacts qu'ils mobilisent se devait d'être itérative et progressive, alternant entre des phases de développement « techniques » réalisées entre modélisateurs et des phases de conception collective avec les acteurs locaux (d'Aquino et al. 2002). Ces phases n'ont pas pour objectif premier le développement de l'outil de simulation (cf. Chapitre §5.1.3) ; ce sont des temps de confrontation des points de vue entre les différents protagonistes⁹⁶. Durant ces temps de construction du modèle, qui peuvent se dérouler sous différentes formes (implémentation collaborative, méthode ARDI, démonstration puis mise en débat du modèle de simulation ou crashtest, brainstorming, comité de pilotage), l'échange et la confrontation des points de vue et des connaissances sont des éléments qui ressortent particulièrement fortement des évaluations qui ont été menées auprès des parties prenantes des processus de modélisation d'accompagnement à l'occasion du projet ADD-ComMod (Becu et al. 2010a).

Cette construction itérative conduit au développement de différentes versions du modèle, parfois avec des écarts tels entre leurs modèles conceptuels qu'il serait plus juste de les qualifier de générations différentes du modèle. Prenons par exemple le cas du jeu NewDistrict. Entre son premier déploiement opérationnel et la dernière forme du modèle de simulation, le modèle a connu plus de 10 versions⁹⁷, certaines destinées à apporter des correctifs d'ergonomie, d'autres pour changer le *game-design* ou apporter de nouveaux éléments conceptuels. D'Aquino et al. ne voient pas dans cette progression itérative qu'un changement de version ou de génération du modèle ; ils indiquent qu'il peut tout aussi bien s'agir d'un changement de format du modèle opérationnel (jeu de rôles ou simulation informatique) en fonction des besoins identifiés chemin faisant (explorer des scénarios ou mettre en discussion le fonctionnement du système) (d'Aquino et al. 2002). Cette progression s'achemine petit à petit vers le développement de modèles opérationnels de plus en plus proches des outils de modélisation ou de traitement des données utilisés pour la gestion opérationnelle (tels que les systèmes d'information géographique (SIG), la production d'incitateurs, le couplage avec des modèles prédictifs, etc.). Ainsi, le processus de co-construction est vu ici comme le processus de mise en débat et d'intégration des points de vue des différents protagonistes, pour parvenir *in fine* à produire des formats de résultats pouvant être mobilisés par des gestionnaires. Plus tard, les auteurs reviendront sur cette analyse du processus de co-construction pour en faire ressortir la dimension d'appui à l'action

⁹⁶ Le développement de l'outil en lui-même n'est en quelque sorte qu'un prétexte, un objet médiateur.

⁹⁷ Il s'agit de versions opérationnelles. Entre chaque version opérationnelle, j'ai l'habitude de sauvegarder des versions de travail : à l'heure actuelle, NewDistrict en est à sa 148^{ème} version de travail et FiShcope à sa 124^{ème}.

collective, à savoir un processus permettant aux participants de penser leur système et de confronter leurs points de vue pour pouvoir formuler de nouvelles formes d'organisation et de nouvelles règles collectives (d'Aquino et al. 2003). Il est également intéressant de noter que l'élément de design des jeux de rôles qui ressort comme le plus important, du point de vue de la démarche participative, est le fait que le jeu de rôles soit un espace de liberté, où les participants peuvent changer les règles sociales et celles d'accès et d'usage des ressources. Le design du processus dans son ensemble, à cheval entre le DIS et le DIL, alterne donc entre des phases ouvertes, durant lesquelles les participants sont invités à imaginer de nouvelles règles de fonctionnement (utilisation du jeu de rôles ouvert), et des phases plus exploratoires pour évaluer les évolutions possibles, selon ces différents régimes de règles (utilisation de la simulation informatique).

5.3.2. L'objet intermédiaire : traverser les barrières métiers, décroisonner

Ce chapitre traite du concept d'objet intermédiaire, proposé et développé par le sociologue Dominique Vinck, un concept largement mobilisé par les praticiens de la modélisation d'accompagnement. Ces derniers se réfèrent souvent aux travaux de Vinck datant de 1999 (Vinck 1999). Dix années après cette première publication de référence sur le concept d'objet intermédiaire, Vinck revient sur le concept pour le préciser à l'aune des nouvelles recherches qu'il a menées avec ses collaborateurs sur l'usage des objets intermédiaires dans les processus de conception (Vinck 2009). Ce chapitre examine comment un objet intermédiaire tel qu'un artefact dans un processus de modélisation d'accompagnement peut servir de médiateur entre des acteurs hétérogènes, à l'aune de ces nouveaux travaux.

Le concept d'objet intermédiaire défini par Vinck en 1999 s'appuie sur la notion d'inscription utilisée par Callon et Latour pour décrire les processus de traduction (Latour 1985, 1987, Callon 1986, Callon et al. 2001). Au sujet de ces recherches Vinck écrit en 1999 :

Les objets intermédiaires intervenaient dans la structuration des activités de recherche individuelles et collectives, dans l'harmonisation des pratiques des chercheurs et dans la constitution d'un espace de circulation des savoirs (données, hypothèses, idées à explorer, résultats intermédiaires) [...] Le recours à la notion d'objet intermédiaire ne préjugeait pas du cadre interprétatif qui serait ensuite adopté pour rendre compte de leur existence et de ce qui se produit en situation avec eux [...] [il existe] deux processus dont ces objets intermédiaires seraient le siège : la représentation et la traduction.

La représentation renvoie à l'idée d'inscription de quelque chose dans la matière de l'objet. Cette représentation porte sur les processus en amont de l'objet et sur les projections en aval de l'objet. En amont, l'objet intermédiaire représente ceux qui les ont conçus. Il matérialise leurs intentions, leurs habitudes de travail, leurs rapports, leurs perspectives et les compromis qu'ils ont établis. [...] [En aval], il véhicule des éléments de connaissance en cours de

construction [...] et il est aussi chargé des projections et des attentes des acteurs qui le réceptionnent.

[La traduction] renvoie à l'idée selon laquelle le passage d'un registre à l'autre, par exemple, le passage de l'intention à la réalisation ne se fait pas sans transformation.

Mais à l'aune de ces recherches menées entre 1999 et 2009, Vinck ajoute un troisième processus associé aux objets intermédiaires, celui de médiateur. En effet, l'objet intermédiaire fait parfois plus que représenter et traduire.

[L'objet intermédiaire] interagit avec ses utilisateurs en donnant un cadre à la confrontation de leur point de vue [...] L'auteur d'une trace graphique, posée devant lui pour exprimer sa pensée à un collègue, est parfois surpris de découvrir dans la trace qu'il vient de commettre un élément auquel il n'avait pas pensé. L'objet intermédiaire introduit ainsi quelque chose dans l'action qui échappe en partie aux acteurs. L'objet peut alors être théorisé en tant que médiateur dans la mesure où il interagit avec les acteurs en présence. Il supporte, par exemple, la confrontation de leurs points de vue en leur offrant des prises, en facilitant le surgissement de solutions et de rapprochement entre des aspects autrement dissociés. [...] Lorsque les acteurs s'efforcent d'assujettir l'objet à une intention qu'il doit transmettre fidèlement, l'objet intermédiaire est dit commissionnaire ; autrement, il est médiateur. [...] Pour produire cette médiation, l'objet intermédiaire « offre des prises, rapproche des concepts et facilite le surgissement de solutions. [...] Les objets intermédiaires remplissent une fonction de cadrage qui délimite, structure et différencie des espaces. Comme les espaces d'actions ne sont pas les mêmes suivant où on se situe par rapport à l'objet intermédiaire, les points de vue des acteurs en présence sont nécessairement différents.

Dès lors, on peut utiliser des objets intermédiaires en situation de médiation entre acteurs hétérogènes.

Les objets intermédiaires ne présentent pas nécessairement les caractéristiques des objets-frontière proposées par Star et Griesemer (Star et Griesemer 1989). Ce sont des objets-frontière lorsque des éléments structurels (dans ou associés à l'objet ou à un ensemble d'objets) sont partiellement communs à plusieurs mondes sociaux. Une étiquette collée sur un échantillon biologique, dont la nature de l'inscription aurait été discutée entre différents utilisateurs hétérogènes, fait de cet échantillon un objet-frontière. De même, une simulation jouée, offrant différents modes de prise en main pour des acteurs hétérogènes, est également un objet-frontière. Vinck désigne les éléments structurels de l'objet intermédiaire qui sont communs à plusieurs mondes sociaux par le terme « d'équipement » (c'est par exemple l'étiquette sur l'échantillon). Il constate que dans les processus de conception, « les acteurs en situation consacrent du temps à imaginer, à mettre au point et à négocier l'équipement que devraient recevoir les objets intermédiaires, justement, pour être en mesure de circuler dans des espaces plus étendus et dans des mondes hétérogènes. » (Vinck 2009). En outre, « la notion d'équipement permet d'éviter de penser que les caractéristiques de médiation, de traduction, sont attachées à la seule nature de l'objet ». Autrement dit, et pour ramener le propos sur le cas de la simulation participative, ce qui fait qu'une simulation ou un jeu est un objet-frontière n'est

pas sa nature même, mais les éléments de son design qui parlent aux différents mondes sociaux auxquels il s'adresse.

5.4. Design-In-the-Large de ComMod

Ce chapitre aborde les éléments de design de la modélisation d'accompagnement qui relèvent de l'intégration du processus dans un territoire. Comme pour le chapitre précédent, ces éléments contribuent à la réflexion sur les intentions et la mise en œuvre de la simulation participative. Dans un premier temps, j'étudie comment les dispositifs ComMod s'insèrent dans des territoires et s'articulent avec les processus de décision à l'œuvre. Puis, j'examinerai les travaux portant la posture des porteurs de projet face aux rapports de pouvoir à l'œuvre au sein de ces territoires.

5.4.1. L'intégration dans le territoire

Les différents courants d'influence et de pratique de la simulation participative étudiés ici s'accordent sur le fait que, pour pouvoir aborder le DIL, c'est-à-dire le design lié au déploiement d'un artefact dans un territoire, il est essentiel de connaître le système social et institutionnel dans lequel il s'insère (Klabbers 2009b, Etienne 2010a, Mathevet et al. 2010, Gray et al. 2018). Sans tenir compte de ce contexte, il existe un risque important de passer à côté des objectifs du processus (à noter que dans la pratique, même en tenant compte du contexte, il existe un risque non négligeable de passer à côté des objectifs du processus, cf. Chapitre §8.2). Comment tenir compte de ce contexte et comment réussir l'intégration du processus dans le territoire dans lequel il est mis en œuvre ?

5.4.1.1. Enseignements de travaux sur les démarches participatives et la modélisation participative

Des premiers éléments de réponse viennent de travaux menés hors du champ de la modélisation d'accompagnement et en particulier dans le domaine de la participation.

Émeline Hassenforder et ses collègues ont proposé un cadre d'évaluation des démarches participatives riche d'enseignements (Hassenforder et al. 2015). Les auteurs identifient dans la littérature et dans leurs différents cas d'études un certain nombre de variables liées au contexte territorial à prendre en compte pour l'évaluation de ces démarches. Un certain nombre de ces variables ont déjà été évoquées (notamment au Chapitre §5.2.2), et seuls celles qui apportent des éléments complémentaires seront traitées ici. En premier lieu, les auteurs insistent sur la prise en compte de la compréhension initiale par les participants des processus à l'œuvre dans le socio-écosystème étudié. Il peut s'agir de mécanismes et d'éléments de différentes natures :

environnementale, naturelle, économique, sociale, politique, sanitaire, technologique, éducative, etc. (Hassenforder 2015, Hassenforder et al. 2016). La compréhension initiale par les participants de ces éléments, leur perception de leur propre connaissance du système et leur degré d'acceptation jouent un rôle central dans la majorité des études de cas examinées (Hassenforder et al. 2015). En second lieu, les auteurs insistent sur la prise en compte des échelles de gouvernance existantes dans le territoire. L'analyse des différents types d'institutions en présence et de leur imbrication est primordiale pour déterminer où le dispositif peut s'insérer. Des travaux mobilisant le concept de « nested action arenas » (McGinnis et Ostrom 2010) seront présentés au chapitre suivant et reviendront sur cet aspect de multiplicité des institutions. Un troisième élément jouant un rôle important dans la réussite de l'intégration du processus dans le territoire est lié à la réceptivité des acteurs du territoire vis-à-vis de la démarche. Deux facteurs influent sur cette réceptivité. D'une part, l'existence de démarches participatives antérieures sur le territoire permet de familiariser les acteurs à ce type de démarche, ce qui peut favoriser leur légitimation (ou inversement) et faciliter leur prise en main. D'autre part, les relations préexistantes entre les porteurs et les acteurs du territoire contribuent également à légitimer la démarche (ou inversement) et à créer une relation de confiance entre les différents protagonistes. Du point de vue du design, la réceptivité des acteurs du territoire vis-à-vis de la démarche va notamment influencer les « conditions institutionnelles d'interaction avec le processus » du DIL (Klabbers 2006). Enfin, Hassenforder et al. rappellent que la durée de l'intervention et le nombre et la fréquence des ateliers/événements organisés sont des éléments de design du processus importants à prendre en compte pour l'évaluation du processus participatif. Instaurer un rythme qui s'installe dans la durée permet de favoriser la percolation des effets du processus dans le réseau d'acteurs et son tissu social. À ce sujet, il est intéressant de noter que les nombreux travaux sur l'évaluation critique de la participation en France identifient ces mêmes facteurs (Rui et al. 2001, Bacqué et al. 2005, Mermet et Salles 2015). L'ouvrage de synthèse de Mermet et Salles (2015) met l'accent sur un autre de ces facteurs, que j'ai eu l'occasion d'observer à plusieurs reprises dans ma pratique : les effets de débordement. Ces derniers correspondent à des détournements des inscriptions, des artefacts et/ou des effets du processus par des groupes sociaux du territoire pour servir d'autres intérêts que ceux du processus. Il ne s'agit pas ici de détournements politiques, mais plutôt de débordements du cadre prévu, liés à des initiatives de groupes sociaux non-institués. Par exemple, dans le cas du déploiement du dispositif LittoSIM sur le territoire de l'île d'Oléron, des acteurs associatifs se sont emparés des temps forts collectifs organisés dans le cadre du processus, pour réaliser des interviews et des vidéos des ateliers et des participants. Ils s'en sont ensuite servis comme support de médiation auprès des habitants du territoire pour parler de la gestion des risques littoraux. Ainsi, ces effets de débordement participent également à l'appropriation du processus et à sa diffusion dans le tissu social du territoire.

Dans le cadre de la modélisation participative, Dreyer et Renn rappellent que de réels efforts sont à faire pour énoncer plus clairement, en début de processus, les objectifs du processus mis en place (Dreyer et Renn 2011). L'énoncé des objectifs d'apprentissages et des grands principes du déroulement l'atelier, qui peut paraître clair pour les porteurs, ne l'est pas toujours pour les participants (ce qui n'est pas étonnant étant donné que le concept d'apprentissage social est essentiellement mobilisé dans la sphère académique). Plus récemment, dans le cadre d'une série de séminaires internationaux sur la modélisation participative, plusieurs chercheurs du domaine ont proposé un protocole standardisé de description des processus de modélisation participative (Gray et al. 2018). Outre des points communs avec les aspects déjà évoqués plus haut (comme les relations entre le processus de modélisation participative et le processus de décision), le protocole recommande de décrire les accords de partenariat sur la propriété intellectuelle des données et des résultats ainsi que la composition et la constitution du partenariat (et notamment les critères d'inclusion). Toujours dans le cadre de la pratique de la modélisation participative, Alex Smajgl et ses co-auteurs relatent un processus où les résultats de simulation issus d'un processus de modélisation participative impliquant les usagers ont été remobilisés lors des réunions des autorités locales d'une région indonésienne, et ont contribué à la mise en place d'une nouvelle directive régionale (Smajgl et al. 2011). Le caractère participatif de la production de ces résultats de simulation a été l'un facteur ayant amené les autorités à les prendre en compte⁹⁸.

[5.4.1.2. Enseignements des travaux sur l'insertion des processus de modélisation d'accompagnement dans les processus décisionnels](#)

Les travaux sur la modélisation d'accompagnement se sont dans un premier temps intéressés à l'articulation du dispositif avec les usagers des territoires. Ce n'est que dans un deuxième temps que s'est posée la question de l'insertion des processus participatifs menés dans les processus décisionnels à l'œuvre dans les territoires. Cet historique a certainement influencé le design de la démarche tel qu'il se présente aujourd'hui. En effet, il paraît légitime de dire que la démarche itérative et continue de la modélisation d'accompagnement s'accommode bien avec une gestion adaptative des ressources renouvelables opérée par ses usagers. Mais cette démarche est-elle adaptée aux acteurs institutionnels qui œuvrent sur les territoires ?

Cette section parcourt différents travaux menés au cours de ces dix dernières années sur l'insertion des dispositifs dans les processus décisionnels. Ces travaux ont enrichi la compréhension de

⁹⁸ Un autre facteur ayant contribué à la prise en compte des résultats est la réalisation par les scientifiques du projet d'une statistique poussée, ayant confirmé la robustesse des résultats de simulation issus du processus participatif.

l'articulation entre le processus et le territoire. Au Chapitre §8.2.1, je remobiliserai et synthétiserai les enseignements issus de ces travaux.

a) [Enseignements issus des travaux de Campo et de d'Aquino](#)

Paolo Campo, dans le cadre de ses travaux de thèse, s'intéresse à la complémentarité entre un processus ComMod et un projet de développement porté par le Cifor et le Cirad sur la gestion durable des forêts aux Philippines (Campo et al. 2009, 2010). Le processus ComMod étudié était intégré à un projet de développement dans le but d'améliorer la communication et la coordination entre les chercheurs du projet de développement et les acteurs locaux. Le processus ComMod a consisté à co-construire avec les acteurs locaux un jeu, puis une simulation informatique, en incluant ces derniers dans la plupart des phases du processus (définition des enjeux, élaboration du modèle conceptuel, vérification, définition des scénarios, et simulation). Il a également consisté à inclure les chercheurs du projet de développement à certaines étapes de la co-construction, notamment lors de la phase d'élaboration du modèle conceptuel, puis lors de la phase de définition des scénarios (Campo et al. 2010).

Campo étudie les apports du processus d'une part pour les usagers, et d'autre part pour les porteurs du projet de développement. Au niveau des acteurs locaux, le processus a permis des apprentissages d'ordre cognitif (acquisition de connaissances sur le système d'interactions et son fonctionnement ; acquisition de compétences sur la façon d'adapter son comportement en fonction des effets des actions à l'œuvre) et d'ordre organisationnel (savoir comment se coordonner avec les autres). Par ailleurs, le processus ComMod a eu des effets sur les acteurs locaux qui sont complémentaires à ceux des actions de développement menées en parallèle. Alors que ces dernières ont permis aux acteurs d'être en capacité d'exprimer leurs opinions et de formaliser leurs besoins, le processus de modélisation d'accompagnement leur a permis d'échanger leurs points de vue, d'évaluer leurs options de développement collectivement et d'identifier celles qui leur paraissaient les plus viables. Sur le plan des porteurs du projet de développement, ils ont été particulièrement intéressés par le potentiel éducatif des méthodes utilisées. Ils ont apprécié le côté novateur de ces méthodes, qu'ils estiment d'autant plus appropriées qu'elles ne rentrent pas en compétition avec leurs propres méthodes.

Outre ces éléments issus de l'évaluation du processus, Campo réalise un travail conceptuel remarquable pour analyser le processus ComMod sous l'angle du cadre conceptuel des « nested action arenas » de McGinnis et Ostrom (McGinnis et Ostrom 2010, McGinnis 2011). Pour ce faire, il considère le processus ComMod comme une arène d'actions qui entre en interaction avec les autres arènes d'actions du territoire. Les interactions entre ces arènes d'actions s'opèrent au travers des individus qui participent à ces différentes arènes de manière parallèle, ainsi qu'au travers des inscriptions et

artefacts qui circulent entre ces différentes arènes. À partir de ce cadre conceptuel commun, il identifie un ensemble de principes et de recommandations (Campo 2011). Certaines de ces recommandations se recoupent avec certaines des variables et des éléments cités plus haut. Ci-dessous figure une sélection des recommandations de Paolo Campo.

- Le processus doit être légitimé et reconnu par les autorités compétentes ;
- Il convient de se mettre d'accord sur les attendus du processus vis-à-vis du projet de territoire et officialiser le partenariat avant le début du projet ;
- Le processus doit pouvoir s'adapter et évoluer en fonction des besoins des participants ;
- Un suivi/une évaluation en continu du processus est indispensable pour pouvoir adapter le processus au fil de l'eau ;
- Un comité de pilotage ou tout autre instrument de pilotage hybride est requis et des bilans, des rapports, des comptes rendus sont produits pour permettre l'évaluation en fin de projet ;
- Il est conseillé de faire circuler, dès qu'elles sont disponibles, les productions du processus vers les arènes d'actions du territoire ;
- L'évaluation à la fin se fait avec l'ensemble des parties prenantes.

De son côté, Patrick d'Aquino a mené au cours des vingt dernières années d'importants travaux sur la mise en œuvre de processus de modélisation d'accompagnement dans les territoires du Sahel, de la Nouvelle Calédonie et de l'Asie du Sud-Est. Au fur et à mesure de ses expériences, il développe et opérationnalise l'approche du self-designed (d'Aquino et al. 2003, d'Aquino et Bah 2013, 2014), qui consiste à laisser les acteurs locaux concevoir par eux-mêmes leurs outils de simulation.

La série d'articles que d'Aquino et Bah publient en 2013 et 2014 est riche d'enseignements pour les recherches sur le design des processus de modélisation d'accompagnement et leur intégration dans des dispositifs de gouvernance multi-échelle (d'Aquino et Bah 2013, 2014). L'application se déroule en région sahélienne, dans trois pays, le Sénégal, le Mali et le Burkina Faso, et auprès d'acteurs de différentes échelles (du foyer rural aux décideurs de l'État en passant par le village ou encore la fédération agricole). Le processus est organisé autour du déploiement d'un artefact de simulation ouverte (du *free-play*, selon la typologie de Klabbers 2014) adaptable à des acteurs de différentes échelles (de l'échelle du foyer rural à l'échelle des décideurs de l'État en passant par celle du village ou de la fédération agricole). L'adaptabilité de l'artefact de simulation (qui existe en deux versions : jeu sans informatique et simulation informatique) aux différents types de publics s'opère de la manière suivante. D'une part, l'artefact incorpore, quelle que soit l'échelle d'application, le même ensemble de règles de base et les mêmes possibilités d'agencer des usages, des ressources et des instruments de

régulation, permettant aux participants de concevoir une représentation du fonctionnement du système foncier au Sahel qui leur convient et d'expérimenter ainsi différentes stratégies. En revanche, pour chaque échelle d'application, un certain nombre d'éléments peuvent être ajustés pour que le dispositif s'adapte au public cible et à ce qu'il veut expérimenter. Ainsi, le dispositif permet de charger différentes cartes régionales représentant différentes échelles territoriales (locale, régionale, nationale ou supra, etc.). Il permet également d'ajouter de nouveaux usages (ou logiques d'actions), de nouvelles règles, de nouveaux aléas, ainsi que de nouveaux indicateurs représentant différents enjeux des politiques d'aménagement correspondant à des questions spécifiques que le public cible souhaite aborder.

Le premier principe du déploiement est que les acteurs des différentes échelles se servent du même artefact. Il est adapté à chaque point de vue, dans un premier temps dans sa version de jeu afin d'imaginer des politiques d'adaptation, puis, dans un deuxième temps, dans sa version de simulation informatique afin d'évaluer les effets de ces politiques d'adaptation sur différents indicateurs économiques, sociaux, environnementaux ou bien encore culturels (d'Aquino et Bah 2013). Le résultat de l'application est que les participants aux échelles locales, comme ceux aux échelles nationales, parviennent tous à s'approprier l'artefact de simulation. Ils imaginent donc, au travers de la version de jeu, des politiques de gestion des ressources et d'adaptation qui sont fidèles aux conditions typiquement sahéliennes de rareté, de variabilité spatiale et d'incertitudes liées à la production des ressources⁹⁹. Le dispositif parvient à remplir un rôle de médiateur, au sens de Vinck (Vinck 2009), car son design (qui est en partie ici du self-design), parle aux différents mondes sociaux auxquels il s'adresse.

Le deuxième principe du déploiement est que chaque étape du processus est d'abord conduite auprès des acteurs locaux, puis auprès des décideurs à l'échelon national. Les deux groupes de participants ne se rencontrent pas ; les porteurs du projet font le relais entre eux. Mais là aussi, l'artefact joue un rôle de médiateur, car les acteurs à l'échelon national travaillent avec la version de l'artefact issue des ateliers organisés à l'échelle locale. Ainsi, lorsque les décideurs analysent les différents scénarios d'aménagement et d'adaptation, c'est en tenant compte de tout ce qui a été intégré dans l'artefact par les acteurs locaux au fur et à mesure des ateliers (d'Aquino et Bah 2014). C'est en cela que le processus parvient à remplir son objectif de participation. En outre, le succès de l'insertion du dispositif dans le processus de décision tient, selon les auteurs, au fait que les décideurs ont pu adapter le dispositif (au travers de la carte, de ces indicateurs et de l'ajout de nouvelles logiques d'actions) à leur

⁹⁹ Du point de vue du DIS, il est d'ailleurs intéressant de noter que malgré la représentation abstraite de l'artefact et ses mécanismes de jeu assez génériques, les joueurs sont tout à fait à même de se projeter et d'imaginer des logiques d'actions fidèles à leur contexte d'application.

cadre de perception (à leur *habitus*, si l'on s'en réfère à Bourdieu), ce qui leur a permis de se l'approprier et de lui donner une légitimité institutionnelle.

b) [Enseignements issus de mes travaux](#)

Le processus de modélisation d'accompagnement « Sciences et SAGE » que j'ai porté avec d'autres collègues s'intéressait à la problématique de la restauration de la continuité écologique dans une rivière de Seine-et-Marne, le Grand Morin. Les participants étaient des membres de la Commission locale de l'eau (CLE) du Schéma d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE) du bassin versant concerné, et des scientifiques du programme PIREN-Seine spécialisés dans le domaine. Le processus mené sur un an et demi a réuni les participants par sept fois pour co-construire la question à traiter, puis le modèle conceptuel, les scénarios, et enfin réaliser des simulations à partir de la simulation hybride co-construite (de Coninck et al. 2013a, 2013b, Carre et al. 2014). Le processus était considéré par le SAGE comme un projet partenaire avec le programme scientifique PIREN-Seine, auquel des membres de la CLE étaient invités à participer. Les ateliers étaient co-animés par l'animatrice du SAGE et moi-même et se déroulaient en plus des réunions ordinaires et thématiques de la CLE. Les deux processus, modélisation d'accompagnement et travaux du SAGE (le SAGE en était à sa phase « Tendances et Scénarios »), ont donc co-évolué durant cette période. Le suivi/l'évaluation du processus mené par Amandine de Coninck dans le cadre de sa thèse (que j'ai participé à encadrer), a été réalisé d'une part auprès des participants au processus, et d'autre part en observant les réunions ordinaires de la CLE et les réunions thématiques du SAGE, afin d'identifier des effets sur les changements de pratique et les modes d'action collective¹⁰⁰. Si l'évaluation du processus a permis de mettre en exergue les apprentissages et les changements de perception auprès des participants, les résultats des observations n'ont pas montré d'impact sur les décisions au niveau de la CLE. Ce que nous observons avec mes co-auteurs est plutôt que le processus de modélisation et d'accompagnement et le fonctionnement du SAGE ont chacun leur rationalité propre. Le processus de modélisation d'accompagnement ne s'inscrit pas dans la démarche habituelle de l'élaboration d'un SAGE et, par conséquent, les membres de la CLE ont du mal à le remobiliser dans le cadre d'un choix réel d'arasement d'ouvrage. Les critères de décision au sujet de la gestion de la rivière et de ses ouvrages sont en fait peu explicites lors des réunions de travail, et semblent issus d'un compromis entre des gains écologiques potentiels et des opportunités politiques (de Coninck 2015, de Coninck et al. 2015).

¹⁰⁰ À noter que nous n'avons pas accès aux réunions du bureau de la CLE et que, sur différents aspects, les réunions ordinaires de la CLE s'avéraient être des chambres d'enregistrement des décisions prises en bureau.

Par la suite, un atelier participatif associant des porteurs et des professionnels a permis de réaliser une analyse comparée des processus de modélisation d'accompagnements menés auprès de SAGE (dont les processus Sciences et SAGE, interSAGE et Thau) (Becu 2015a). L'articulation entre le déroulement du processus et le timing des travaux du SAGE a été identifiée comme l'un des critères de réussite. Dans le cas où l'objectif est de faire naître un engagement, faciliter l'émergence d'enjeux et/ou favoriser la responsabilisation des différentes parties prenantes et s'appropriier l'outil-SAGE, le processus est particulièrement adapté en accompagnement de la phase d'études préliminaires et des étapes d'état des lieux initial et de diagnostic (le processus Sciences et SAGE qui correspondait à cet objectif s'est déroulé dans la phase qui a suivi). En revanche, lorsque l'objectif est de débloquer des situations de divergences fortes sur les orientations et/ou les modalités d'action du SAGE, le processus est particulièrement adapté à des étapes du SAGE pour lesquelles on anticipe qu'il peut y avoir des blocages ou des conflits, comme les étapes tendances et scénarios, choix de la stratégie et mise en œuvre (Becu et al. 2014a). D'autres enseignements ont été tirés de cette analyse comparée, notamment le décalage de posture qui existe entre un processus de modélisation d'accompagnement et un projet de développement territorial tel qu'un SAGE. En effet, les deux processus ont un rapport différent à l'incertitude et au mode de production des résultats et des connaissances. Ce décalage est le reflet de la disjonction entre la posture post-normale, adoptée par la modélisation d'accompagnement, et l'approche « normale » de la relation entre science et décision, à laquelle les acteurs de terrain et les acteurs institutionnels sont accoutumés. Pour y répondre, l'évaluation participative des différents processus a produit trois recommandations à destinations de futurs participants à des processus de modélisation d'accompagnement : accepter une part d'incertitude dans la compréhension du système et de ses impacts ; accepter d'entrer dans un processus dont l'issue est co-construite et n'est pas prédéfinie ; accepter de re-questionner et d'infléchir des choix antérieurs au regard des enseignements tirés en cours de processus. À l'aune de ces trois recommandations, la difficulté de l'articulation entre les processus institutionnels de décision à l'œuvre dans les territoires et les processus de modélisation d'accompagnement paraît immense, tant les logiques d'actions et la rationalité des démarches sont éloignées.

Dans le cadre du projet PEACAD, je me suis intéressé avec mes co-auteurs aux conditions d'application du processus dans un contexte où les postures stratégiques des acteurs sont extrêmement exacerbées, chacune des parties prenantes construisant sa propre stratégie pour défendre ses intérêts en dehors de toute arène de discussion ou d'échange (Lapijover et al. 2017a). Réunir les différents acteurs en un même lieu et au même moment était impossible, tant les conditions du dialogue n'étaient pas présentes (Lapijover 2018). Les artefacts construits ont donc été mobilisés dans les différentes arènes sans que les acteurs se rencontrent (Lapijover et al. 2018b, 2020, s. d., Berry et al. 2019a). Ce procédé

consistant à réaliser des ateliers séparément entre les différents acteurs est également mobilisé dans d'autres processus ComMod (Becu et al. 2008, 2016d, d'Aquino et Bah 2014). À chaque fois, ces ateliers sont suivis d'un temps collectif ou d'une autre forme de confrontation. Dans le cas du projet PEACAD, les conditions pour réunir les acteurs ne se sont pas présentées durant le temps du projet ; ce n'est que l'année suivante que des ateliers réunissant plusieurs des parties prenantes ont été organisés. La flexibilité de la durée des projets pour permettre aux processus d'accompagnement de parvenir à son terme semble donc être un critère important à prendre en compte.

D'autres travaux menés par mes soins en collaboration avec d'autres collègues, ont permis de corroborer un certain nombre d'enseignements déjà cités plus haut, comme l'importance de l'accord de partenariat dans la réussite de l'insertion du dispositif dans les procédures institutionnelles. C'est par exemple ce qui a été fait pour l'intégration du dispositif LittoSIM dans le territoire oléronais (Becu et al. 2016a, Becu et Rulier 2018). De même, dans le processus ComMod-courbine, l'adéquation entre le temps du processus et le phasage de la construction des politiques publiques en cours à l'échelle nationale a contribué à la réussite du projet (Chavance et al. 2013, Becu et al. 2016d).

Ce chapitre a étudié différents travaux qui permettent de mieux comprendre les facteurs de réussite de l'intégration du dispositif dans le territoire. Les travaux menés hors du champ de la modélisation d'accompagnement ont permis d'identifier des éléments propres à la conduite des démarches participatives. Ceux sur la modélisation d'accompagnement ont permis d'identifier des variables de réussite par rapport à l'insertion du dispositif dans les processus décisionnels. L'ensemble de ces enseignements permet aujourd'hui de proposer les premiers éléments d'une grille d'analyse de l'intégration des dispositifs de simulation participative dans les territoires qui sera présentée au Chapitre §8.2.1.

Le chapitre suivant aborde un autre élément du Design-In-the-Large d'un processus de modélisation d'accompagnement, qui est la prise en compte des relations de pouvoir.

5.4.2. Prise en compte des relations de pouvoir et des inégalités

Dès qu'une démarche participative est menée auprès d'un collectif d'acteurs, la question de la prise en compte des relations de pouvoir entre eux se pose. Ces relations sont constitutives du réseau d'acteurs ; la question n'est donc pas de changer ces rapports mais d'explicitier la posture à adopter vis-à-vis de ces relations de pouvoir. L'enjeu derrière cette question est l'équité dans la prise de décision entre les participants. Le processus va-t-il permettre à chacun de participer au processus de décision de manière équitable ? Lorsque les asymétries de pouvoir sont fortes, voire se renforcent en

cours de processus, les porteurs doivent-ils stopper le processus, ou s'en retirer ? Les porteurs doivent-ils tenir compte des asymétries de pouvoir existantes et designer le processus de manière à les atténuer au sein de l'arène de concertation qu'ils proposent ? Si oui, quels sont les éléments de design qui permettent de renforcer l'équité entre les participants ?

Cécile Barnaud a mené un important travail théorique et pratique sur cette question, qui a conduit à l'élaboration de plusieurs articles faisant référence dans le domaine (Barnaud et al. 2010b, 2010a, 2016, Barnaud 2013, Barnaud et Van Paassen 2013). L'un des éléments de son analyse a consisté à analyser la posture adoptée en pratique par des porteurs de projets de modélisation d'accompagnement. À une ou deux exceptions près, dans des contextes de prédominance des rapports de force entre les acteurs, les porteurs adoptent une posture de neutralité dialogique conditionnelle ou de non-neutralité post-normale (Barnaud et al. 2010a)¹⁰¹. La posture de neutralité dialogique conditionnelle correspond à des porteurs qui ne conçoivent pas le design du processus en fonction des rapports de force, mais qui s'autorisent à stopper le processus s'ils estiment qu'il renforce les inégalités entre les acteurs. La posture de non-neutralité post-normale correspond à une posture critique « explicitement non neutre qui prend volontairement en compte les asymétries de pouvoir de façon à éviter que le processus n'accroisse les inégalités initiales » (Barnaud 2013). Cette posture amène les porteurs à « conduire une analyse initiale approfondie des rapports de force de façon à identifier les éventuels obstacles à l'équité et à adapter le processus participatif afin d'essayer de lever ces obstacles dans l'arène de concertation proposée, notamment en renforçant la voix des acteurs en position de faiblesse » (Barnaud et al. 2010a). Selon Barnaud (2013), les tenants de la posture critique « considèrent que le consensus est souvent illusoire, ne reflétant que les opinions des plus influents, et préfèrent souligner la pluralité des intérêts en présence (Wollenberg et al. 2001) ». En outre, Barnaud et al. (2010a) remarquent que la posture critique est plus facilement adoptée par des chercheurs que par des professionnels de la participation (bureau d'études par exemple). Les auteurs avancent donc l'hypothèse que le rapport des professionnels à leur mandataire ne leur permet pas toujours d'adopter une posture critique vis-à-vis des rapports de pouvoir, mais qu'ils en tiennent compte en posant des conditions de retrait, dans le cas où le processus s'orienterait dans une voie qui ne correspond plus aux vertus de la participation pour lesquelles ils se sont engagés (Barnaud et al. 2016, Mazeaud et Nonjon 2018).

Un deuxième apport des travaux de Cécile Barnaud a été d'identifier les éléments permettant d'adopter une posture d'accompagnement critique (Barnaud 2013, Barnaud et Van Paassen 2013). Ces éléments sont synthétisés dans la Figure 26 sur laquelle le Chapitre §8.2.3 reviendra par la suite.

¹⁰¹ En outre, dans des contextes de non-prédominance des rapports de force, les porteurs adoptent une posture de neutralité dialogique inconditionnelle, c'est-à-dire qu'ils n'adaptent pas le design du processus en fonction des rapports de force.

Éléments à prendre en compte en début de projet

- Identifier et expliciter quels sont les groupes considérés comme vulnérables et devant faire l'objet d'une attention particulière.
- Énoncer au lancement du projet les conditions d'une arène favorisant l'équité entre les participants, cette arène pouvant être refusée.

Éléments de design permettant de renforcer les groupes vulnérables

- Choix des acteurs conviés et des modalités d'invitation :
- pour garantir la représentation des groupes vulnérables ;
- pour constituer des alliances permettant de renforcer les groupes vulnérables.
- Choix des sujets mis à l'ordre du jour.
- Design de l'artefact :
- mise en évidence de la diversité des intérêts en présence et des points de vue, notamment ceux qui sont habituellement occultés.
- choix de supports permettant de favoriser des négociations intégratives.
- Choix et ordonnancement des méthodes d'animation utilisées (alternance des formats des échanges permettant la libre expression des groupes vulnérables).

Figure 26 : Éléments pour adopter une posture d'accompagnement critique (adapté de Barnaud et al. 2010a, 2016, Barnaud 2013, Barnaud et Van Paassen 2013)(Barnaud et al. 2010a, 2016, Barnaud 2013)

La question de la posture vis-à-vis des relations de pouvoir est plus largement liée à la question des inégalités entre les parties prenantes. Là encore, la modélisation d'accompagnement ne se place pas dans une posture stratégique visant à défendre certains intérêts particuliers, mais cherche à produire les conditions favorables au partage des points de vue et des connaissances sur le sujet traité. Ce positionnement conduit d'Aquino et Bah, dans leurs travaux au Sahel présentés plus haut (d'Aquino et Bah 2013), à dérouler leur processus d'accompagnement multi-échelle dans un certain ordre. Dans un premier temps, ils identifient certains groupes d'acteurs n'ayant pas les mêmes capacités que d'autres pour conceptualiser, penser les systèmes et *in fine* proposer des solutions. Ce constat les amène alors à débiter le processus d'accompagnement par des ateliers auprès de ces groupes les moins favorisés, puis à progressivement inclure dans le processus des groupes plus expérimentés et ayant plus de pouvoir, comme des experts ou des décideurs publics. Le même procédé est utilisé dans le cas des processus ComMod-courbine, MaeLaNgungn et Djolibois, sur lesquels j'ai travaillé (Becu et al. 2008, 2016d, Gazull et al. 2010). L'objectif est de mettre en capacité de prendre part au processus décisionnel les groupes les plus désavantagés, de les familiariser avec le cadre et les outils participatifs proposés, afin qu'ils puissent se confronter plus facilement aux autres groupes.

Parmi les cas d'études sur lesquels j'ai travaillé, quatre d'entre eux présentaient des asymétries de pouvoir importantes entre les parties prenantes au processus. Trois d'entre eux ont été cités ci-dessus. Le quatrième, le processus du projet PEACAD, est intéressant d'un point de vue analytique, et est riche d'enseignements. D'une part, comme indiqué plus haut, il n'a pas été possible dans le cadre de ce processus de réunir les différentes parties prenantes durant le temps du projet. D'autre part, des

événements extrêmes se sont produits durant le processus (des pics d'échouements de mammifères marins) qui ont exacerbé les tensions entre les parties prenantes et ont conduit les autorités à organiser des réunions interministérielles visant à trouver des solutions au conflit qui opposait les acteurs (à savoir le rôle des pêcheurs dans la mortalité élevée de mammifères marins) (Lapijover et al. 2018a). Cette évolution a fortement influé sur la posture des parties prenantes concernant la façon d'interagir avec les autres au sujet de la problématique environnementale traitée (Lapijover 2018). Auparavant, les parties prenantes étaient frileuses à l'idée de participer (étant donné les tensions préexistantes) mais curieuses du caractère « innovant » de la méthode proposée. Après ces événements, les acteurs ont adopté des postures de négociation beaucoup plus musclées, confrontant leurs arguments tout en restant sur leur position initiale et usant de leur position de force pour imposer leurs solutions. Dans cette nouvelle configuration d'interactions entre les parties prenantes, il est fort probable, sans toutefois que cela puisse être démontré, que des éléments issus des ateliers de simulation participative aient été remobilisés par certains acteurs pour renforcer leur position dominante. Cette expérience montre ainsi à quel point les relations de pouvoir sont présentes dans les contextes d'intervention de la modélisation d'accompagnement, et comment des crises écologiques peuvent exacerber les tensions entre les acteurs et rompre les conditions de déroulement d'un processus participatif critique. En effet, comme l'indiquent Barnaud et Van Paassen (2013), l'objectif d'une posture d'accompagnement critique est de proposer une forme de communication et une arène de discussion basées sur les principes d'équité et de volontariat. Lorsque les acteurs ne souhaitent pas ou plus y prendre part, le processus d'accompagnement s'arrête et le projet, s'il est maintenu, doit changer d'objectif.

Un dernier cas de posture d'accompagnement existe dans la pratique de la modélisation d'accompagnement : celle de la non-neutralité stratégique. Celle-ci consiste à inciter les acteurs à une prise de décision qui tienne compte de valeurs ou d'objectifs précis. Barnaud et al. identifient cette posture dans des processus où les porteurs se laissent la possibilité de mettre en place des mécanismes de pression sur certains groupes d'acteurs, afin de contrebalancer les asymétries de pouvoir identifiées (Barnaud et al. 2016). La légitimité de cette posture repose sur le fait qu'« elle vise à défendre un point de vue perçu comme étant d'intérêt général, par exemple la justice, l'équité, la préservation de l'environnement ou encore le respect de la loi ». Dans le cas du projet LittoSIM, une posture de non-neutralité a également été adoptée. Elle est défendue au nom de l'intérêt général de la durabilité et consiste à proposer une arène de discussion qui rééquilibre dans le jeu la position des différentes stratégies de prévention des risques littoraux existantes (Amalric et al. 2017). Il ne s'agit donc pas ici directement de gérer les relations de pouvoir entre les participants mais de prendre en compte des

enjeux globaux et de long terme qui sont négligés, car occultés par les préoccupations importantes des acteurs pour les enjeux locaux et de court terme (Hisschemöller et al. 2001).

Les chapitres précédents ont parcouru les recherches menées dans le domaine de la modélisation d'accompagnement, étudié les principes, les concepts et les méthodes utilisés, et de nombreux enseignements relatifs à la pratique de la simulation participative en sont ressortis et vont être remobilisés dans les chapitres qui suivent. En guise de conclusion de ce tour d'horizon des travaux sur la modélisation d'accompagnement, le chapitre qui suit aborde un enjeu important du développement de cette démarche, celui du transfert hors du cadre de la recherche. Cet enjeu a été formalisé en 2010-2012 sous la forme de la problématique du dégageement.

5.5. La problématique du dégageement

La question du transfert de la démarche de modélisation d'accompagnement a été posée après les premières années de recherche et de formalisation de la démarche. Dans le chapitre conclusif de l'ouvrage de référence sur la démarche, Michel Etienne identifie deux difficultés dans la mise en œuvre de la démarche (Etienne 2010b) : la légitimité du processus (qui réclame de clarifier la posture des porteurs et l'intention du dispositif auprès des parties prenantes) et la maîtrise des outils habituellement mobilisés en modélisation d'accompagnement, qui sont jugés trop compliqués à prendre en main. En effet, des praticiens comme Hélène Dupont s'interrogent sur la possibilité de déployer la démarche : « *La modélisation d'accompagnement, de par sa nature pluridisciplinaire et participative, est une démarche potentiellement riche mais relativement difficile à mettre en œuvre* (Charles et al. 2008, Daré et al. 2008, Chlous-Ducharme et Gourmelon 2011). *Dès la première étape, la co-construction d'un modèle conceptuel implique une somme importante de connaissances socio-écologiques et une capacité de chacun des participants à la généralisation et à l'abstraction du fait du formalisme utilisé.* » (Dupont et al. 2015). Ces limites sont également identifiées et relayées par les institutions, les acteurs du développement, ou les professionnels de la participation qui se sont exercés à la démarche. Ces derniers interrogent l'opérationnalité de la démarche et estiment qu'elle réclame trop de compétences et que sa mise en œuvre requiert trop de temps¹⁰². Dans une évaluation conjointe de plusieurs processus de modélisation d'accompagnement déployés auprès d'acteurs de la gestion de l'eau, j'avais pu identifier que la durée habituelle requise pour mener à bien la phase de co-construction puis de simulation était de deux ans (Becu 2015a). Les organismes et institutions auprès

¹⁰² De même, il arrive que les modèles mobilisés auprès des acteurs intègrent trop d'éléments et soient trop difficile à analyser et à comprendre.

de qui ces dispositifs sont déployés (par exemple les SAGE), estiment que cette durée peut être trop importante ; ils recommandent que des « outils plus finalisés » soient développés (Becu et al. 2014a). En effet, la prise en main des outils requiert des compétences en modélisation, en conception et design, en programmation informatique lorsque l'outil est informatisé, en animation et en facilitation. Or, il est extrêmement difficile de rassembler toutes ces compétences dans un même projet à chaque fois qu'un nouveau terrain est investigué. À cela s'ajoutent, pour certaines sphères culturelles d'application, des exigences liées à une culture du résultat et du modèle. Lorsqu'ils s'engagent dans un processus de modélisation d'accompagnement, certains partenaires publics ou privés ont des attentes plus fortes vis-à-vis des résultats et du transfert de la simulation que sur le résultat du processus ou le chemin parcouru. Ils veulent voir « un modèle qui tourne » et qu'ils peuvent utiliser facilement par eux-mêmes, pour éventuellement le réutiliser (c'est l'exigence du « livrable » qui fait à présent partie de notre culture commune du management de projets). Or, du point de vue du porteur de la démarche, l'attention est plutôt mise sur le processus ; lorsqu'il s'agit de prioriser les tâches à accomplir, les aspects de transfert ou de réutilisabilité des outils de simulation développés passent souvent au second plan. L'ensemble de ces limites ont conduit progressivement les praticiens à explorer d'autres voies d'application.

Lors de l'atelier ComMod et Éthique de 2012, Nils Ferrand propose une métaphore, basée sur le football cher à Christophe Le Page, pour inviter les praticiens à entamer un processus de dégagement (Ferrand 2012). Pour reprendre ses mots, le dégagement est le moment où l'on tape dans le ballon et où on l'envoie à d'autres joueurs pour qu'ils jouent avec. Cela correspond au moment où les chercheurs de la modélisation d'accompagnement transfèrent la démarche à des praticiens non spécialistes de la modélisation d'accompagnement ; c'est aussi le moment où des designers transfèrent le dispositif pour que des personnes s'en emparent et l'utilisent de manière autonome. Cet appel de Nils Ferrand est un moment particulièrement fort de l'évolution de la communauté des praticiens de la modélisation d'accompagnement, car il s'agit alors d'envisager « ComMod sans commodiens¹⁰³ ». Arguant qu'il s'agit de « *déplacer le jeu ailleurs, hors de notre aire d'intervention actuelle [...], vers des espaces plus libres, plus ouverts, où des combinaisons nouvelles puissent s'enclencher* », Nils Ferrand estime que l'enjeu des années à venir est de « *réfléchir et de concevoir les conditions, les outils, les mesures, et l'éthique de ce dégagement* » (Ferrand 2012).

¹⁰³ Le terme *commodien* avait été consacré dans l'ouvrage de 2010. Il désigne alors « des chercheurs qui maîtrisent la démarche, se sont engagés à en respecter l'éthique en ayant signé la charte ComMod et qui vont essentiellement mobiliser des connaissances méthodologiques et organisationnelles » (Barreteau et al. 2010b). Si le terme est pratique d'utilisation car il fait référence à la fois à un rôle, à un savoir-faire et à une éthique, au sein d'un processus de modélisation d'accompagnement, il est aussi probable qu'il ait favorisé un sentiment de propriété des praticiens envers la démarche, rendant particulièrement difficile l'acceptation de se défaire de la démarche. Le terme est aujourd'hui beaucoup moins utilisé dans la littérature du domaine.

La pratique de la simulation participative est une forme de réponse à la problématique du dégage-ment. Il s'agit, au travers des recherches conduites sur la conception et le déploiement de ses artefacts, de tendre vers des dispositifs plus opérationnels. C'est une forme de dispositif dont l'ambition est de faire cohabiter le « partage de points de vue », l'« espace de dialogue » et la « simulation exploratoire », sans avoir besoin de démultiplier les outils et les méthodes. Depuis 2010, plusieurs initiatives ont pour ambition de permettre une prise en main de ces dispositifs, sans avoir recours à des spécialistes du *simulation and gaming* ou de la modélisation d'accompagnement pour les mettre en œuvre et les animer. C'est le cas par exemple des kits CoOPLAaGE et TerriStories (cf. Chapitre §9.2.2), ou bien encore du format des « Systems Thinking Playbooks » écrits et diffusés par Meadows et Sweeney (Sweeney et Meadows 1995, Sweeney et al. 2011, Meadows et al. 2016). Ces ouvrages, dépourvus de jargon académique, s'adressent aux praticiens de la transition et du changement climatique pour les aider à susciter un changement de comportement chez les citoyens, au travers de jeux faciles à prendre en main et à mettre en œuvre. « *Les praticiens qui utilisent ces jeux peuvent considérablement renforcer l'attrait et l'efficacité de leurs présentations verbales sur le changement climatique et la politique climatique. Nous espérons que ce livre aidera les praticiens dans leurs efforts pour aider les citoyens à percevoir le changement climatique, à en diagnostiquer les causes, à en anticiper les conséquences futures et à effectuer un changement constructif* » (Sweeney et al. 2011).

Les questions soulevées par la problématique du dégage-ment sont multiples. La standardisation des outils est entamée depuis plusieurs années. Le méthode ARDI (Etienne 2009, Etienne et al. 2011), devenue aujourd'hui un protocole standard de co-construction de modèle conceptuel (même si sa version initiale demanderait à être actualisée) en est un parfait exemple. Les outils de la famille CoOPLAaGE dédiés à la modélisation participative dans le domaine de la planification et de la gestion de l'eau en sont un autre exemple (Ferrand et the CoOPLAaGE group 2017). Dans le cas de l'utilisation de modèles opérationnels hybrides, l'enjeu est de minimiser l'investissement en temps et en compétences informatiques. Pour cela, les recherches tendent vers un niveau minimal de standardisation de l'outil de simulation (du type « boîte à outils »), qui permette à des bureaux d'études ou à des agents de structures publiques ou privées de prendre en main la conception d'un modèle de simulation adapté au contexte (Becu et al. 2014a). Le danger de cette standardisation est de restreindre les possibilités de développement et d'adaptation des outils et d'orienter les questions qu'il est possible de traiter avec ces outils (cf. le Chapitre §4.2.3 sur le détournement des jeux par le *serious gaming*). Les outils standardisés doivent donc être suffisamment souples pour permettre à la co-construction et au *free-play* de se réaliser pleinement.

Une autre question posée par le dégagement est celle de la légitimité. Celle-ci est parfois ramenée à la question de la légitimité du chercheur-accompagnant. Or la mission des porteurs des processus « *relève plutôt d'une attitude, d'une démarche pour mobiliser les savoirs acquis et favoriser la fabrique de l'intelligence collective* » (Tshibangu et al. 2018), et non pas d'un statut particulier qui serait celui de chercheur. Ainsi, la question de la légitimité du processus évoquée plus haut relève plutôt de la clarification de la posture des porteurs (le Chapitre §5.4.2 a traité des travaux menés sur la posture d'accompagnement) ainsi que de celle de l'intention du dispositif auprès des parties prenantes (le Chapitre §6.2 traite de cette question).

Le dégagement pose également question en ce qui concerne le débriefing. En effet, si durant le jeu, l'objet médiateur est l'artefact, durant le débriefing, l'objet médiateur est le facilitateur. Opérer un processus de dégagement de l'artefact implique de faire de même pour le facilitateur. Jusqu'à présent, ce facilitateur est très souvent une personne proche de l'équipe de conception de l'artefact ; il en connaît le fonctionnement, et est familier avec l'approche de simulation participative. Il sait donc à quoi s'attendre, comment organiser le débriefing et comment se servir du jeu pour amener les participants à opérer un travail réflexif. L'activité de facilitation requiert des compétences et un savoir-être que les chercheurs de la modélisation d'accompagnement ont acquis avec la pratique et grâce à leur proximité avec les artefacts qu'ils mobilisent, et qu'ils ont souvent contribué à développer. L'une des voies pour traiter ce dilemme du débriefing dans le dégagement consiste à déléguer la facilitation à des animateurs professionnels. Ces animateurs professionnels ont la compétence d'animation et de facilitation et le savoir-être nécessaires à la conduite du débriefing. Mais ces facilitateurs professionnels connaissent-ils l'artefact et sont-ils familiers avec la façon particulière de conduire le débriefing d'une séance de simulation participative ? Cette question sera abordée de nouveau au Chapitre §9.2.4.

Les chapitres qui suivent traitent de la pratique de la simulation participative aujourd'hui. Ils seront l'occasion de revenir sur différents aspects de cette problématique du dégagement qui a inspiré les recherches de nombreux praticiens.

Partie II : Recherche et pratique de la simulation participative (Chapitres 6 à 8)

À la suite de la première partie sur les courants d'influence, les trois chapitres qui suivent font état de la pratique actuelle et des recherches sur la simulation participative.

Le Chapitre §6 pose les contours de la pratique. Que recoupe la simulation participative ? Quel est son lien avec le domaine du *simulation and gaming* et la modélisation d'accompagnement ? En quoi diffère-t-elle de la pratique du jeu sérieux ? Ces réflexions m'amèneront à proposer trois déclinaisons de l'intention participative de ces dispositifs : la communication complexe, la pensée complexe et l'accompagnement à l'action collective. Une fois l'intention des dispositifs précisée, il s'agira d'examiner la structure, l'organisation et les caractéristiques de l'environnement d'interactions proposé aux participants, ce qui inclut notamment la structure du débriefing. En fin de chapitre, je proposerai des éléments de sémantique, ainsi qu'une analyse des mécaniques de jeu utilisées dans le design des artefacts.

Le Chapitre §7 analyse les effets attendus de l'emploi de la simulation participative sur les participants. Trois types d'effets sont analysés. En premier, les effets d'apprentissage, pour lesquels les nombreux travaux à leur sujet seront présentés et examinés. À cette occasion, je proposerai une classification renouvelée des effets d'apprentissage mieux adaptée à l'intention participative des dispositifs étudiés. Dans un deuxième temps, il s'agira d'étudier les effets de médiation de ces dispositifs et d'identifier les mécanismes par lesquels ils aident à la définition de compromis entre des acteurs aux intérêts différenciés. Enfin, le chapitre abordera les effets individuels en termes de potentiel de changement institutionnel. La façon dont les participants à une simulation participative expérimentent des formes de changements potentiels sera étudiée et des enseignements en seront tirés pour la pratique de la simulation participative.

Le Chapitre §8 présente une recherche expérimentale qui consiste à analyser différentes configurations des dispositifs de simulation participative pour en évaluer l'influence sur les effets préalablement décrits. Dans un premier temps, le chapitre examine les différentes configurations possibles de design des artefacts de simulation, puis analyse l'influence de quatre d'entre elles : le réalisme du modèle de représentation, les modes de prise de décision, les asymétries de rôles et l'usage de l'informatique. Dans un deuxième temps, une analyse de l'intégration des dispositifs dans les territoires est menée. Elle vise à identifier et caractériser les facteurs de réussite de cette intégration, pour que les effets sur les participants puissent percoler au sein des arènes d'actions du

territoire d'application et pour que les asymétries de pouvoir et le renforcement des groupes vulnérables soient pris en compte.

6. La pratique de la simulation participative aujourd'hui : contours, intentions, structure et mécaniques de jeu

Les chapitres précédents ont examiné les courants d'influence de la pratique de la simulation participative. Cela a permis de rendre compte du caractère multiforme des dispositifs employés, des formats d'artefact variés mobilisés et du fait que les praticiens les mobilisent parfois pour des objectifs différentes. La simulation participative est utilisée dans le domaine du *simulation and gaming*, de la modélisation d'accompagnement, ou bien encore en modélisation participative, domaine qui est à peine survolé dans le cadre de cet ouvrage. Elle se nourrit des apports de ces domaines qui l'ont fait émerger, mais également des recherches en sciences du jeu, et elle s'imprègne actuellement des travaux sur les jeux sérieux. Ces influences et la diversité de ses usages sont une richesse ; elles offrent une perméabilité entre les communautés de pratique qui permet de continuer à innover, tant au niveau du design des artefacts que des usages qui en sont faits. Toutefois, il est important de pouvoir mieux cerner les contours de la pratique et d'énoncer plus clairement l'intention de ces dispositifs participatifs.

Dans ce chapitre, je propose d'apporter un éclairage sur ce que la simulation participative recoupe aujourd'hui, son intention, sa structure et ses caractéristiques. Loin de moi l'idée de penser à une définition de cette pratique. Par essence, une pratique évolue avec le temps et avec les cultures qui l'imprègnent. Cependant, réaliser un état des lieux de là où en est cette pratique actuellement me semble judicieux. Il est d'ailleurs important de préciser que j'accorde ici une signification bien précise au mot « participation », qui va se traduire dans la façon d'aborder dans ce chapitre les contours et l'intention de la simulation participative. La participation est entendue ici comme un partage du contrôle que nous avons sur les décisions qui nous affectent. Dans le cadre de la simulation participative, le contrôle sur la décision passe par le contrôle des utilisateurs de la simulation sur l'usage du modèle et la représentation qu'il propose, donc de la simulation. Autrement dit, la simulation est mise au service des participants pour qu'ils puissent explorer des possibles, et non pas l'inverse¹⁰⁴.

¹⁰⁴ Une autre façon d'aborder le concept de participation, qui n'est pas celui qui est développé ici, serait d'entendre la simulation participative comme l'implication des acteurs dans le processus de modélisation, non pas pour un partage du contrôle mais dans une optique de consultation ou d'information.

6.1. Les contours de la pratique

Précisons tout d'abord que la pratique de la simulation participative implique un dispositif (ou artefact de simulation), des participants (ou joueurs), une intention (ou des objectifs) et un cadre d'application (ou contexte).

Une pratique à la croisée du *simulation and gaming* et de la modélisation d'accompagnement

La pratique de la simulation participative se situe à la croisée de l'usage de la simulation jouée que l'on trouve dans le domaine du *simulation and gaming* (Duke 1974, Klabbers 2009b) et de l'usage participatif des modèles de simulation qui a été proposé dans le cadre de la modélisation d'accompagnement (Bousquet et al. 1996a, Barreteau et al. 2001, Etienne 2010a). Elle est une « hybridation » du jeu et de la simulation dont l'intention est participative. Si l'on s'en réfère à la terminologie, qui a le vent en poupe actuellement, la pratique de la simulation participative correspond à un jeu sérieux à plusieurs joueurs, dont l'intention est participative. Comme évoqué à plusieurs reprises dans les chapitres précédents, cette pratique peut être désignée par d'autres termes, au nombre desquels figurent par exemple *policy game* ou encore *social learning game*.

Un temps participatif, donc un jeu multi-joueurs

L'intention est participative et le contrôle sur la simulation est partagé, donc collectif. La simulation participative se pratique donc à plusieurs. Pour reprendre les termes de Markus Ulrich, il s'agit d'une pratique qui « comporte au moins une forme d'interaction sociale entre les participants. [...] L'usage de jeu de simulation mono-joueur, (le type "flight simulators") n'implique aucune interaction sociale significative entre les participants » (Ulrich 1997a). Une simulation participative correspond donc à une simulation multi-joueurs. La question de savoir si les participants sont en présence ou à distance mérite d'être posée. Pour ma part, n'ayant jamais utilisé de dispositifs où les joueurs sont à distance, je pourrais difficilement évaluer la qualité de l'apprentissage social qui peut émerger d'un tel dispositif. Aussi, dans le cadre de cet ouvrage, la pratique qui est examinée et étudiée correspond à un usage de la simulation participative en présentiel.

Avec du partage et de l'action collective

Le partage du contrôle de la simulation implique que les participants doivent effectuer quelque chose ensemble dans le cadre de la simulation qui leur est proposée. La simulation participative est de ce fait un cadre de simulation de l'action collective. Il s'agit d'un espace/temps dans lequel des personnes expérimentent l'action collective. Qu'elle soit pratiquée auprès d'acteurs investis collectivement dans un projet de territoire ou dans la construction d'une politique publique (Mayer 2009), ou bien auprès de personnes intéressées par le sujet traité, la simulation participative propose un cadre dans lequel

les participants sont amenés à construire de l'action collective, à s'interroger sur leur rapport aux autres, et à problématiser ce qui les rassemble, leur projet commun (Rouchier 2018).

Avec ou sans informatique

Une simulation n'implique pas que l'on utilise des moyens informatiques. Comme indiqué à plusieurs reprises, les praticiens du *simulation and gaming* et de la modélisation d'accompagnement mobilisent tout autant des artefacts de simulation informatisés et non informatisés. Ce qui importe est le contrôle de la simulation par les participants (cf. Chapitre §2.3), donc le fait que les décisions des agents dans la simulation soient d'origine humaine, au moins pour une partie, et non pas d'origine exclusivement computationnel (Crookall et al. 1986). Lorsque les décisions des agents du modèle de simulation sont toutes d'origine humaine, on peut appeler l'artefact un jeu. Lorsqu'une partie des décisions des agents (on parle ici des agents décisionnels) est contrôlée par un programme informatique, on parle de simulation hybride (Le Page et al. 2010, Le Page 2017)¹⁰⁵. Enfin, la dénomination « jeu » n'implique pas qu'il n'y ait pas d'informatique utilisée. L'informatique peut être utilisée pour visualiser l'environnement, ou encore pour calculer les résultats des décisions des joueurs (Ulrich 1997a). Aussi, lorsque l'on parle de simulation participative informatisée, il est important de préciser si l'informatique est utilisée pour simuler une partie des agents décisionnels (simulation hybride), ou comme support de jeu (jeu assisté par ordinateur).

Avec un cadre de description du système d'interactions

L'artefact de simulation participative constitue un cadre de description du système d'interactions entre les agents de la simulation (entre les participants, ainsi qu'entre les participants et les éléments du jeu). Le rôle du système d'interactions est de produire des résultats en retour des actions effectuées par les joueurs. Les participants jouent avec ce cadre d'interactions : ils l'explorent, en ressentent les effets, l'expérimentent et éventuellement le transcendent. C'est de cette façon que les participants approfondissent leur compréhension du système dans lequel ils sont intégrés, tout en conservant un regard critique sur le contenu proposé (Medema et al. 2016). Le système d'interactions peut intégrer ou non un modèle issu de travaux scientifiques (Ulrich 1997a). Certains praticiens intègrent le plus petit nombre possible d'éléments issus du domaine de l'expertise ou de la science. Il reste toutefois toujours une part de conception scientifique, ne serait-ce que dans le méta-design du dispositif. D'autres intègrent des modèles analytiques dans leur dispositif pour simuler notamment les interactions entre le système social et le système environnemental. Toutefois, il restera toujours une part non analytique dans le système d'interactions ; aussi, il est illusoire de chercher à valider analytiquement une simulation participative (Klabbers 2009, p.184). Le choix entre l'une ou l'autre de

¹⁰⁵ Notons toutefois que, du point de vue de sa nature, l'artefact est dans les deux cas à la fois un jeu et une simulation.

ces approches, ou bien d'une approche intermédiaire entre intégration et absence d'intégration de modèles analytiques, dépend du cadre d'application, de la posture d'accompagnement et de la posture de rapport à la science.

Avec un débriefing conduit selon une approche réflexive

La mise en œuvre d'une simulation participative implique forcément la réalisation d'un débriefing permettant aux participants de prendre du recul par rapport à la simulation à laquelle ils ont participé selon une approche réflexive, c'est-à-dire une approche permettant l'introspection et la décentration (Ferber et Guérin 2003). Le débriefing est conduit en fonction des questions que les participants se posent, et des objectifs d'apprentissage et/ou d'actions qui ont été définis en amont. Ces objectifs peuvent avoir été définis par les participants eux-mêmes en amont de la simulation, du moment qu'ils connaissent la structure de jeu avec laquelle ils vont interagir.

6.2. Les déclinaisons de l'intention participative

Comme David Crookall le rappelle, l'utilisation de tout dispositif de gaming/simulation implique de se poser la question du pourquoi (Crookall 2010). Alors, pourquoi utiliser un dispositif de simulation participative ?

Rappelons-le, l'intention est participative. Le dispositif est déployé pour permettre un partage entre les utilisateurs du contrôle de la simulation. Pourquoi mettre en œuvre un tel dispositif ? Parmi les usages actuels, il est possible d'identifier trois déclinaisons de l'intention participative.

6.2.1. L'apprentissage à une communication complexe

Un atelier de simulation participative est un espace de communication et d'échanges (d'Aquino 2016), un multilogue selon Duke (Duke 1974) (*-logue : qui a rapport avec un type de discours ou de relation*), c'est-à-dire une forme de communication multidirectionnelle et multiforme (orale, gestuelle, symbolique), où le sens donné aux actes est socialement construit. De l'extérieur, cette communication multilogue peut sembler chaotique, mais de l'intérieur, les interactions que les participants ont avec la situation de jeu (les éléments de jeu et les joueurs) prennent un sens qui relève de leurs rapports avec les autres dans le jeu, et de ce qu'ils projettent de leur propre réalité sur cette situation de jeu.

À partir du moment où le participant s'investit dans le jeu, c'est-à-dire qu'il décide d'adopter une attitude ludique dans ses différentes dimensions (cognitive, affective et conative, cf. Chapitre §3.2), l'expérience vécue dans cet espace de dialogue multilogue va l'amener à s'interroger et à apprendre sur les situations auxquelles il a été confronté et les choix qu'il a faits. Il s'agit du temps du débriefing,

qui sera abordé par la suite. Ce temps réflexif est le moment où le participant s'interroge sur ses choix durant le jeu (introspection) et sur son rapport aux autres (décentration). L'apprentissage du multilogue, d'une communication complexe est l'intention participative du dispositif. Elle consiste à apporter aux participants les capacités à jouer un rôle dans cet espace de communication complexe (Rouchier 2018) ; autrement dit, elle vise un épanouissement cognitif, social et politique afin que les participants soient en capacité de jouer un rôle actif dans un monde complexe.

L'apprentissage de cette forme de communication peut s'expliquer par le passage d'une communication autocentrée/unidirectionnelle à une communication complexe, selon quatre dimensions (Figure 27).

<i>Élaboration du sens</i>	Positiviste	→	Constructiviste
<i>Nature des idées</i>	Vraie / Fausse	→	Réfutable
<i>Message transmis</i>	Valeurs (bien / mal)	→	Arguments
<i>Nature du dialogue</i>	Confrontation de positions (défense / imposition)	→	Délibération

Figure 27 : L'apprentissage d'une communication complexe

Dans une forme de communication complexe, le sens des choses n'est pas établi d'avance, il est socialement construit. Les idées, qu'elles soient exprimées sous la forme d'un avis ou d'un modèle scientifique, ne sont ni vraies ni fausses, elles sont réfutables (d'Aquino et Richebourg 2015, d'Aquino 2016). Ce que l'on s'échange, ce ne sont pas des valeurs sur les choses (cela est bien ou mal), mais des arguments. La nature du dialogue, c'est-à-dire l'échange d'idées, de sens et de messages, n'est pas une confrontation mais une délibération, qui s'apprend par l'expérience du multilogue vécue dans la simulation participative.

6.2.2. Penser le territoire dans sa complexité

Comprendre un système complexe, l'appréhender dans ses différentes formes qui varient en fonction du point de vue que l'on porte dessus (points de vue disciplinaires, thématiques, pragmatiques), dépasser le raisonnement direct des causes et conséquences pour savoir reconnaître les phénomènes émergents d'un système d'interactions, tels sont les objectifs du développement d'une pensée systémique.

L'objectif de la diffusion d'une culture de la pensée complexe se retrouve sous différentes formes. Par exemple, Uri Wilensky déploie sa plateforme de modélisation multi-agents NetLogo auprès des collégiens et des lycéens aux États-Unis, qui simulent et manipulent des modèles complexes (Wilensky

et Stroup 1999, Jacobson et Wilensky 2006)¹⁰⁶. Dennis Meadow, de son côté, diffuse le manuel *The climate change playbook*, qui met à disposition du grand public des jeux pour appréhender la complexité des mécanismes et des enjeux du changement climatique (Meadows et al. 2016). La simulation participative telle que pratiquée aujourd'hui poursuit un même objectif, appliqué cette fois-ci au territoire et dans une optique d'exploration collective des possibles.

Le territoire est omniprésent dans une simulation participative, au moins sous trois formes. L'artefact est une représentation du territoire¹⁰⁷. Jouer à une simulation participative revient à mettre en action ce territoire en y incluant les jeux d'acteurs et sa complexité sociale. Enfin, la simulation participative est un miroir de la réalité et permet de penser le territoire dans lequel on s'inscrit. Ainsi, derrière cette démarche de « systems thinking¹⁰⁸ » qui intègre le facteur humain et que l'on pourrait décrire ici par « jouer avec le territoire et le comprendre », l'intention participative est que les participants puissent être acteurs de leur territoire, car ils en comprennent les mécanismes, les interdépendances et les enjeux, qui leur permettent de penser le territoire autrement et d'agir.

La deuxième dimension de cette pensée sur le territoire est celle de la simulation. Pour reprendre les principes 1 et 5 d'une pratique libérée de la modélisation et de la simulation en géographie et en SHS (Banos 2013), « modéliser c'est apprendre » et « simuler c'est explorer des possibles ». Dans une simulation participative, les participants explorent des possibles du territoire, testent et inventent des solutions et des stratégies pour chercher à répondre à des enjeux collectifs (Ulrich 1997b). Parfois, conceptualiser un système complexe ne suffit pas pour l'appréhender, il faut également le simuler pour en comprendre les tenants et les aboutissants (Banos 2010). La simulation participative offre cette possibilité, non pas de comprendre le territoire, mais de penser collectivement le territoire dans sa complexité.

Cette intention de la simulation participative se retrouve dans de nombreuses applications. À chaque fois, il s'agit d'un groupe de personnes, souvent hétérogène, rassemblé autour de l'artefact et d'un même questionnement. Au vu des enjeux actuels, ce questionnement est souvent celui de la transition écologique et sociale. Par exemple, dans TEPOS-le jeu, les participants cherchent à répondre à la question : « c'est quoi notre projet de territoire à énergie positive ? » (Anselme et al. 2016). Dans

¹⁰⁶ Au travers de l'enseignement des systèmes complexes avant la terminale, soit en passant par une simulation participative multi-joueurs (Wilensky et Stroup 1999), soit en permettant à l'adolescent de jouer avec la simulation au travers d'une interface ergonomique (Blikstein et Wilensky 2004), l'objectif est de permettre « aux futurs citoyens, acteurs professionnels et décideurs de pouvoir faire face aux enjeux sociétaux et globaux du 21^{ème} siècle » (Jacobson et Wilensky 2006).

¹⁰⁷ La dimension d'espace du territoire est quasiment systématiquement représentée (Becu et al. 2010a), sous une forme ou une autre (voir Figure 37), de même que les dimensions humaines et d'usages.

¹⁰⁸ Deux sens peuvent être accordés à « systems thinking ». D'une part, le terme peut se traduire par « pensée systémique ». D'autre part, il peut se référer à la démarche de systems thinking. Cette démarche vise à identifier, à voir, à caractériser les structures et les fonctionnements sous-jacents d'un système complexe, afin de pouvoir le changer. *"Seeing a pattern is the first step, and then working to shift it to redesign the set of interconnections to produce the behavior that you want [as an educator]"* (Sweeney 2018).

d'autres cas, le questionnement est autour d'un projet urbain social et résilient à l'époque du changement climatique (Berry et al. 2019b). L'objectif pour les participants est de pouvoir appréhender leur rôle dans cette transition. Dans certains cas, le jeu s'adresse à un public adulte, par exemple dans « World Climate simulation » où il s'agit de négocier les accords internationaux pour réduire les gaz à effet de serre (Sterman et al. 2015). Dans d'autres cas, le jeu s'adresse à des enfants pour appréhender les enjeux des territoires dans lesquels ils s'inscrivent (Delage et al. 2009, Gourmelon et al. 2010b, 2011, Rouchier 2018)

6.2.3. Accompagner de l'action collective

Le contrôle sur la simulation, qui est ce qui rassemble les différentes pratiques de la simulation participative, est enfin également utilisé à des fins d'accompagnement de l'action collective auprès des acteurs des territoires.

Dans cette intention, la simulation participative est l'outil d'une démarche territoriale plus large, dans laquelle l'artefact de simulation est souvent co-construit avec des acteurs provenant des différentes échelles du territoire et représentant différents usages (d'Aquino 2015, Becu et al. 2016d, Tshibangu et al. 2018). La co-construction de la simulation est notamment le processus par lequel l'échange entre les différentes échelles de gouvernance peut se produire (Ducrot et al. 2010a, d'Aquino et Bah 2014, Amalric et al. 2017).

Cette pratique de la simulation participative est très proche, voire se confond, avec ce que l'on appelle les *policy games* dans le domaine du *simulation and gaming* (Mayer et al. 2013). L'objectif est d'accompagner des acteurs locaux dans la construction d'actions collectives sur leur territoire. Ces acteurs peuvent être des décideurs des affaires maritimes (Mayer et al. 2014b), des gestionnaires de parcs marins (Lapijover et al. 2017b), ou bien encore des agriculteurs, des forestiers et des naturalistes du causse Méjan (Etienne et Le Page 2004).

Dans cette pratique de la simulation participative, la prise en compte des relations de pouvoir et des inégalités entre acteurs est une préoccupation constante des porteurs de projet. Les porteurs adoptent une posture d'accompagnement (Barnaud et al. 2016) qui, dans le cas de la simulation participative, peut se décliner en trois modalités.

- Posture de neutralité dans le cas de faibles asymétries de pouvoir ;
- Dans le cas de fortes asymétries de pouvoir :
 - Posture de neutralité conditionnelle ;
 - Posture de non-neutralité au nom d'une concertation équitable¹⁰⁹.

Ces différentes postures sont décrites au Chapitre §5.4.2.

¹⁰⁹ Le terme de posture de non-neutralité est utilisé ici de manière équivalente à la posture d'accompagnement critique.

6.3. Structure / méta-modèle

L'environnement d'interactions dans lequel les participants entrent lors d'un atelier de simulation participative est conçu selon un certain design visant à atteindre des objectifs déterminés¹¹⁰. Ces objectifs se rapportent aux déclinaisons de l'intention participative visées. Lorsque l'intention se rapporte à l'apprentissage ou à l'appréhension de la complexité du système, il est courant d'appeler ces objectifs, des objectifs d'apprentissage. Le design de l'environnement d'interactions, ou méta-modèle, comprend la structure de l'environnement d'interactions, les temps d'interactions, notamment le débriefing, une composante essentielle, et possède un certain nombre de caractéristiques propres à la pratique de la simulation participative. En outre, ce méta-modèle répond à une sémantique, et la structure de l'environnement d'interactions s'appuie sur un certain nombre de mécaniques de jeu. Ce chapitre, examine chacun de ces éléments en proposant une version actualisée par rapport à ce que de nombreux autres auteurs ont proposé, que ce soit par exemple dans le domaine du *simulation and gaming* (Duke 1974, Klabbers 2009b), dans les sciences du jeu (Henriot 1969, Brougère 1995), ou encore dans la modélisation d'accompagnement.

6.3.1. Structure de l'environnement d'interactions

La structure de l'environnement d'interactions d'une simulation participative peut se décrire de la manière suivante (Figure 28, lecture de bas en haut)¹¹¹.

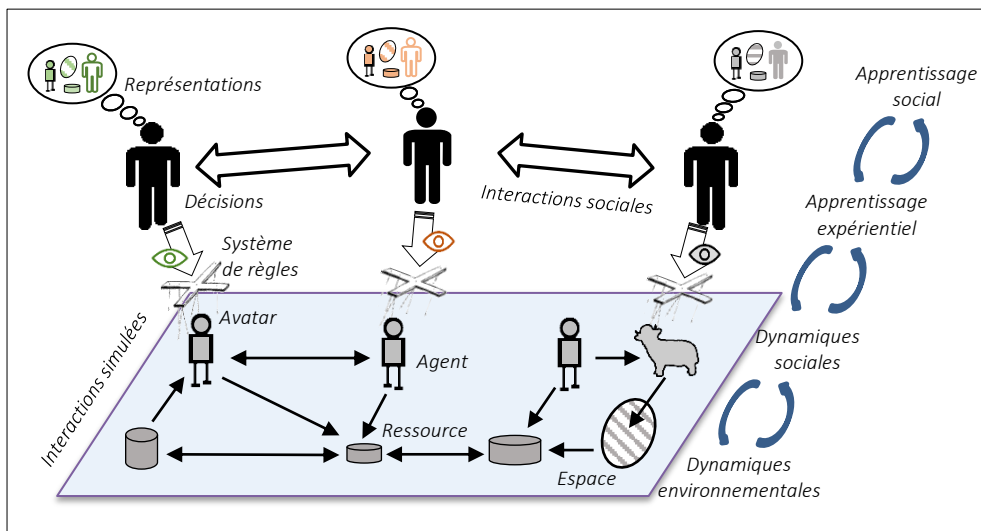


Figure 28 : Environnement d'interactions au sein d'une simulation participative

¹¹⁰ Les objectifs diffèrent des règles du jeu. De même que jouer à un jeu n'implique pas forcément de comprendre le fonctionnement de ces règles (Rufat et Ter Minassian 2012).

¹¹¹ La liste des personnes pouvant être citées comme auteurs des concepts de cette figure est immense. Je n'ai cité que quelques références qui pourront elles-mêmes renvoyer vers d'autres champs.

- Comme pour Le Page et al. (2010), la Figure 28 représente l'artefact de simulation sous la forme d'un modèle multi-agents composé d'agents en interaction avec des ressources, situés dans un espace organisé. Des dynamiques socio-environnementales simulent les interactions entre ces composantes.
- Comme pour Klabbers (2009b), les participants interagissent avec le modèle multi-agents au travers d'un avatar et d'un système de règles. Les décisions s'organisent en fonction de ce système de règles et des interactions sociales.
- Comme pour Lavoué (2012), la Figure 28 représente un double apprentissage : l'apprentissage expérientiel, qui résulte des interactions entre les participants et l'artefact de simulation, et l'apprentissage social, qui résulte des interactions entre les participants.
- Comme pour Ferber (1995), les décisions des participants sont fonction de leur propre représentation de l'environnement qui les entoure et qu'ils perçoivent selon leur propre point de vue.

6.3.2. Débriefing et organisation des temps d'interactions

Outre sa structure, l'environnement d'interactions s'organise également autour de trois temps d'interactions que sont le briefing, la simulation et le temps du débriefing. Ils s'organisent selon le principe du cycle de l'apprentissage expérientiel que David Kolb a décrit pour la première fois en 1975 (Kolb 1984).

Le briefing

Le premier temps est celui de l'accueil et du briefing des participants. Il consiste à rappeler l'intention du jeu et à expliquer les éléments du système de règles qui vont permettre aux participants de pouvoir entrer dans le jeu. La plupart du temps, le système de règles n'est pas décrit entièrement. Les participants en découvrent des aspects en jouant.

La simulation

Le deuxième temps est le temps de jeu (ou le temps de la simulation suivant le domaine duquel on parle). Entrer dans le jeu, est un processus qui consiste pour les participants à adopter une attitude ludique (cf. Chapitre §3.2). Lors d'ateliers de simulation participative, il est assez fréquent que l'intensité de l'attitude ludique des participants augmente au fur et à mesure de la simulation. La fin de la partie, lorsque cette intensité ludique est forte, peut être une phase particulièrement frustrante pour les participants.

Le débriefing

Le troisième temps est celui du débriefing, qui peut se définir comme le traitement de l'expérience de jeu pour en faire un apprentissage (Crookall 2010). Il requiert pour les participants de changer à nouveau d'attitude. Il leur faut donc se désengager du jeu pour pouvoir s'engager dans le débriefing (Crookall 2014). Une façon de faire consiste à donner la possibilité aux participants d'exprimer leur ressenti à propos du jeu. Cela permet aux participants de relâcher la tension émotionnelle du jeu ; l'attitude ludique s'estompe alors peu à peu. Puis, le débriefing commence. Pour favoriser la clarté du propos, je décompose le débriefing en trois phases (pour une description plus détaillée des phases du débriefing, se référer au Chapitre §2.5).

La première phase est celle de l'expérience vécue dans le jeu. Du point de vue du participant, cette phase consiste à se demander ce que l'on a fait et pourquoi on l'a fait. Du point de vue du groupe, elle représente l'occasion de partager les expériences vécues (Crookall 2014), chacun ayant pu vivre une situation de jeu différemment d'un autre.

La deuxième phase est celle des opportunités (par rapport aux expériences vécues). Du point de vue du participant, cette phase consiste à se demander ce que l'on retire de l'expérience vécue et ce qu'on aurait pu faire autrement. Du point de vue du groupe, cette phase est l'occasion d'échanger des idées sur la manière d'améliorer la situation et d'en débattre (améliorer sa propre situation ou celle du collectif).

La troisième phase est celle de l'application (Lederman 1992). Durant cette phase, les participants établissent un rapport entre l'expérience vécue dans le jeu et le système d'interactions réel. Quels rapprochements peut-on établir entre les deux ? De quelle manière les expériences vécues dans le jeu et les opportunités qu'on en retire peuvent s'appliquer au système réel ? Les enseignements que chacun retire du jeu peuvent être en rapport avec ce qu'ils peuvent faire, au quotidien, au travail ou face à une situation donnée. Les enseignements que l'on retire collectivement du jeu peuvent également être en rapport avec ce que le groupe peut faire ensemble, dans le système réel. Ce dernier cas de figure se présente dans le cas d'un dispositif dont l'intention participative est l'accompagnement de l'action collective.

Les trois phases, expériences-opportunités-application au système réel, peuvent être parcourues plusieurs fois au cours du débriefing, soit pour l'organiser en plusieurs thèmes, soit parce que le débriefing est lui-même l'objet d'une expérience sociale particulièrement intense, qui mérite d'être débriefée. Il s'agit alors de débriefings emboîtés (Crookall, communication personnelle, 1^{er} juillet 2017).

De même, l'organisation du débriefing se fait en fonction des objectifs d'apprentissage qui ont été définis. On peut soit traiter les objectifs d'apprentissage l'un après l'autre - on se trouve alors dans une

organisation du débriefing par thème (voir supra) - soit les traiter simultanément, au fur et à mesure du partage des expériences vécues.

Successions du cycle briefing-simulation-débriefing

Un atelier de simulation participative est habituellement organisé linéairement autour de ces trois temps d'interactions. Toutefois, il peut arriver que le cycle briefing-simulation-débriefing se répète plusieurs fois au cours d'un atelier. Cela se produit lorsque les participants testent successivement différents modes d'interactions possibles. Par exemple, dans le jeu Djolibois (Gazull et al. 2010), les participants testent deux systèmes de règles différents : une règle avec un prix du bois négocié au cas par cas, puis une règle avec des prix du bois affichés publiquement. Dans le jeu ReHab (Le Page et al. 2014, 2016), les participants testent deux systèmes d'interaction entre les participants différents : l'un sans communication possible entre les participants, puis l'autre, avec de la communication.

6.3.3. Caractéristiques de l'environnement d'interactions et impacts sur le design

Outre sa structure et son organisation, l'environnement d'interactions d'une simulation participative possède des caractéristiques propres, qui peuvent s'exprimer selon différentes dimensions : minimisation des risques, *free-play*, expérientiel et médiateur. Ces caractéristiques ont des répercussions en termes de design, que ce soit le design de l'artefact (DIS) ou celui de son déploiement dans un territoire (DIL).

Le jeu comporte une dimension de frivolité qui minimise les conséquences des actions entreprises dans le jeu (Brogère 2010). Le cadre de jeu qui est proposé doit ainsi offrir la possibilité aux participants d'expérimenter des stratégies qu'ils n'auraient pas osé élaborer dans la réalité (Medema et al. 2016). C'est un aspect à prendre en compte dans le design d'un atelier de simulation participative ; il va dépendre des participants en présence et de l'articulation du dispositif avec les arènes d'actions du territoire (DIL). Une simulation participative n'est pas non plus sans risque. Le dilemme et la possibilité de se tromper font partie de l'environnement d'interactions et d'apprentissage proposé. Le but est que le risque, l'erreur et ses conséquences restent dans le jeu et aient un impact le plus faible possible sur le système réel (Crookall et al. 1987).

Dans sa conférence inaugurale à ISAGA 2014, Klabbers mentionne trois types d'environnement d'apprentissage : la classe, le simulateur (type « flight simulator ») et le *free-play* (Klabbers 2014). La simulation participative se trouve dans cette troisième catégorie. C'est un environnement où l'apprenant peut incorporer de nouveaux éléments, de nouveaux modes de régulation et de nouvelles formes d'organisation institutionnelle et sociale (d'Aquino et Bah 2013) (DIS). Lorsque

l'environnement d'interactions est trop contraint, trop imposé, l'intention participative ne peut pas se manifester et les utilisateurs peuvent rejeter l'artefact (Gourmelon 2017).

Comme indiqué précédemment, c'est également un environnement d'apprentissage expérientiel ; cela implique, au niveau du design de l'artefact de simulation, que le participant puisse procéder par essais/erreurs et que l'artefact de simulation lui apporte du feedback (Medema et al. 2016) (DIS). Un dispositif où les « solutions » sont connues à l'avance n'est pas un jeu (Brogère 2010). De même, un dispositif où la spontanéité dans l'action (Duke 1974) n'est pas possible, ou bien où le flow de l'action serait rompu car le design ne permet pas une certaine immédiateté dans la rétroaction (Csíkszentmihályi 1990), passe à côté de cette dimension (DIS).

Enfin, l'artefact de simulation avec lequel les participants interagissent joue un rôle de médiateur, c'est-à-dire qu'il donne un cadre et facilite la confrontation de leurs points de vue (Vinck 2009). Le cadre relève des objectifs de l'atelier. La médiation consiste dans ce cas à permettre aux participants de les atteindre. Du point de vue du design, les éléments à prendre compte sont le choix des participants, le fait que les objectifs de l'atelier soient à la portée des participants, et le contexte dans lequel s'inscrit l'atelier (DIL). La facilitation de la confrontation des points de vue relève de l'artefact en lui-même. Son rôle de médiateur consiste à rapprocher les concepts et à offrir des prises pour tisser des ponts entre les différentes sphères sociales et cognitives des participants. Au niveau du design, cela consiste à inclure dans l'artefact des « équipements », des indicateurs et des interfaces, qui permettent à la fois aux différents participants de s'en emparer et leur soient communs (DIS). Ces éléments structurels de l'artefact communs aux différentes sphères sociales qui se rencontrent facilitent l'apprentissage social, qui s'opère dans les temps d'échanges.

Précisons enfin que, du point de vue du participant, ce qu'il vit durant un atelier de simulation participative est plus de l'ordre de la pédagogie active et de l'expérimentation que du jeu de rôles. En effet, le sens courant accordé au terme « jeu de rôles » se rapporte à la *mimicry* (jeu de simulacre) définie par Caillois dans sa classification des jeux (Caillois 1958, p.61). Les jeux de simulacre se rapportent au masque, au déguisement, au fait de « *devenir soi-même un personnage illusoire et à se conduire en conséquence* ». Dans un jeu de rôles, les joueurs endossent un rôle et se comportent conformément à l'idée qu'ils se font du comportement du personnage qu'ils simulent. L'attitude des participants dans une simulation participative ne relève pas de la *mimicry*¹¹². Les participants sont invités à se comporter selon leur propre personnalité, mais en fonction d'une situation du jeu qui, elle,

¹¹² Plus précisément, un dispositif de simulation participative n'invite pas les participants à la *mimicry*, ce qui n'empêche pas ces derniers de se comporter comme tels s'ils le souhaitent.

relève du simulacre. Les jeux sérieux qui reposent sur le principe de l'immersion sont, en ce qui concerne le rapport du joueur à la situation ludique, beaucoup plus proches de la pratique de la simulation participative que ne le sont les jeux de rôles dans leur acceptation courante.

6.3.4. Sémantique

Le domaine du *simulation and gaming* est un domaine interdisciplinaire (Crookall 2000) qui, au cours de ces presque 50 dernières années s'est nourri de recherches et de pratiques venant de champs disciplinaires variés, et qui continue à le faire. Chaque courant d'influence apporte son lot de concepts et sa terminologie, qui engendrent parfois des confusions de sens. La traduction entre l'anglais et le français amène également à de telles confusions. Enfin, les différences parfois mal comprises entre le *game* et le *play* ou entre l'attitude et la situation de jeu provoquent également ces confusions. C'est pourquoi il m'a paru important d'effectuer un travail de sémantique et de proposer un lexique. Ce lexique n'est pas classé par ordre alphabétique mais par catégorie de termes et dans un ordre logique, afin qu'il puisse constituer un outil de compréhension de la pratique de la simulation participative.

A. *Game, play*, attitude et situation de jeu

Game / Structure de jeu : Le *game*, ou la structure de jeu, correspond au « système de règles que le joueur s'impose de respecter pour mener à bien son action » (Henriot 1989). Dans le cas de la pratique de la simulation participative, il me paraît pertinent de distinguer la « structure de jeu » de la « structure de la situation de jeu », cette dernière englobant d'autres composantes que le système de règles

Situation de jeu : la situation de jeu correspond à la situation dans laquelle le joueur se trouve à un instant *t* dans le jeu. La situation de jeu renvoie à la structure du jeu, à l'attitude des autres joueurs et à l'espace/temps du jeu. On parle de situation potentielle de jeu pour indiquer que c'est le joueur qui fait l'acte de jouer face à une situation de jeu donnée. Pour qu'il y ait jeu, il faut que la situation de jeu et l'attitude de jeu se rencontrent. Situation de jeu et situation ludique sont équivalentes.

Play / activité de jouer : le *play*, ou l'activité de jouer, correspond aux actions menées par celui qui joue.

Attitude ludique : l'attitude ludique est une attitude particulière qu'adopte une personne face à une situation potentielle de jeu. « Pour jouer, il faut entrer dans le jeu. Pour entrer dans le jeu, il faut savoir que c'est un jeu. Il y a donc, de la part de celui qui se met à jouer, une compréhension préalable du sens du jeu. L'attitude ludique, comme toute attitude, se prend. Comme toute attitude, elle se comprend » (Henriot 1989). L'attitude ludique se prend et se comprend lorsque la personne entre dans le jeu. Attitude de jeu et attitude ludique sont équivalentes.

Gameplay : il renvoie à une façon de jouer proposée au joueur par la structure de jeu. Le terme de *gameplay* est plutôt utilisé dans le domaine du jeu de divertissement. Les jeux vidéo proposent différents *gameplays*, qui dépendent des mécaniques de jeu et du comportement à adopter qui est proposé au joueur. Dans l'univers du jeu vidéo de divertissement, le terme de jeu renvoie à une activité compétitive (contre un autre joueur, soi-même ou l'ordinateur) dirigée vers un but, et menée dans le cadre de règles convenues (Lindley 2004)

La suite du lexique est présentée en fin de document. Il présente onze catégories de termes comme celle-ci. L'objectif de ce lexique est de faciliter les échanges entre les communautés de pratique du jeu sérieux et celles de la simulation participative, qui sont de plus en plus nombreuses.

6.3.5. Mécaniques de jeu

Comme indiqué au Chapitre §3.5, les mécaniques de jeu sont les éléments ou les procédés qui servent à matérialiser le système de règles. Elles définissent la façon dont les joueurs vont pouvoir interagir avec l'artefact et avec les autres. Elles sont un composant du *game design*, qui est essentiel au praticien pour répondre à la question qu'il se pose irrémédiablement : « Concrètement, comment faire pour construire le jeu ? ».

Ce chapitre vise à présenter un nouvel outil permettant de répondre à cette question. Son développement s'appuie sur les deux modèles de classification des mécaniques de jeu examinés au Chapitre §3.5 : les Briques Gameplay (Alvarez 2018) et la classification des jeux de société de Rotenberg (Rotenberg 2015). Les Briques Gameplay présentent l'intérêt d'être un modèle synthétique, facile à aborder, tandis que la classification Rotenberg permet de faire ressortir différents types de mécaniques associées au caractère multi-joueurs des jeux de société. L'analyse croisée de ces deux classifications ainsi que ma connaissance de la pratique ont permis d'établir une proposition de classification des mécaniques de jeu adaptée à la simulation participative.

Cette classification reprend le concept de briques utilisé par Alvarez, le complète avec les éléments identifiés par Rotenberg, et l'adapte à la pratique qui nous intéresse ici. Pour ne pas alourdir le texte, l'analyse ayant servi à construire la classification des mécaniques de jeu est présentée en annexe. De même, la définition de chacune des 35 briques identifiées est également présentée en annexe.

6.3.5.1. Classification des mécaniques de jeu de la simulation participative

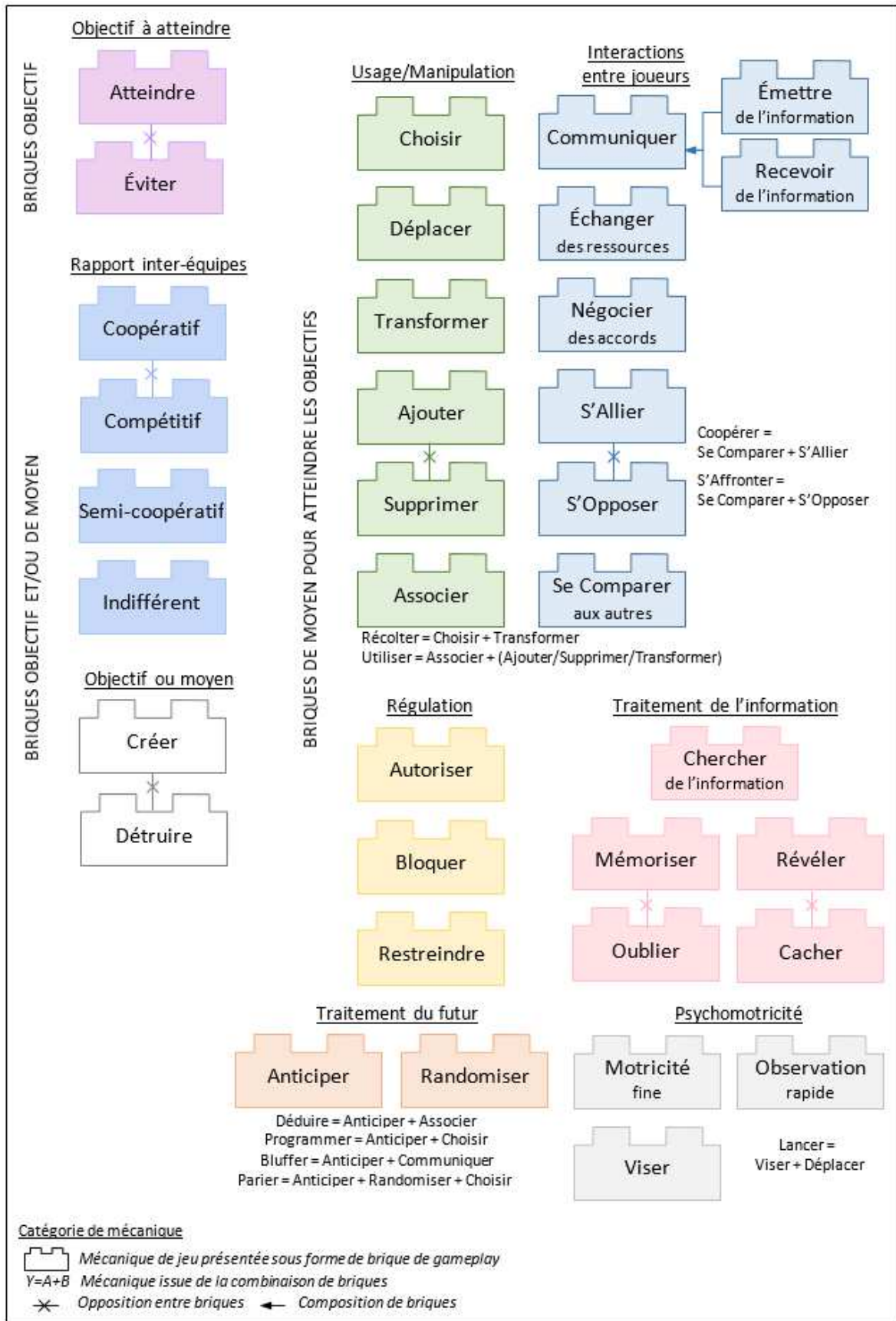


Figure 29 : Les mécaniques de jeu de la simulation participative

La Figure 29 présente la classification des mécaniques de jeu proposée pour la pratique de la simulation participative. Les mécaniques sont présentées sous forme de briques de mécanique pouvant se combiner entre elles pour former de nouvelles mécaniques. Les briques de sens opposé ne peuvent pas se combiner directement ; certaines briques peuvent se décomposer en sous-briques. Une brique est soit une brique d'objectif à atteindre, soit une de moyen pour atteindre les objectifs ou une autre brique. Certaines briques peuvent être soit un objectif, soit un moyen, suivant leur utilisation. Les briques sont arrangées en neuf catégories : trois catégories d'objectifs ou d'objectifs/moyens et six catégories de moyens. Parmi les briques de moyens, on distingue d'une part des briques associées à l'usage des éléments de jeu, qui sont souvent des ressources en pratique, et des briques associées aux mécaniques d'interactions entre joueurs. Les briques de régulation permettent de représenter dans le jeu les règles d'accès et d'usage des ressources, des espaces ou des informations. Les briques des catégories de traitement de l'information et du futur permettent de représenter des mécaniques proposées au joueur pour gérer son rapport à l'information ou au futur. Par exemple, pour traiter ce qui va se produire dans le futur, un joueur peut disposer d'une fiche récapitulative des causes et des conséquences des différentes actions. Il pourra alors anticiper, où peut avoir un dé, et s'en remettre au hasard. Il peut aussi n'exister aucune mécanique associée au futur ; les joueurs découvrent dans ce cas les événements au fur et à mesure. Enfin, la dernière catégorie est celle des mécaniques psychomotrices. Ces mécaniques sont rarement utilisées en simulation participative, bien que certains dispositifs fassent appel au sens de l'observation ou à une certaine rapidité d'exécution, comme c'est le cas dans ReHab XXL, version grandeur nature du jeu ReHab, dans laquelle les participants se déplacent sur un damier géant pour aller collecter des ressources (Dray et Le Page 2017).

Cette classification des mécaniques de jeu peut potentiellement être utilisée lors du design, comme source d'inspiration pour la conception d'une simulation participative, ou encore comme outil de description ou d'analyse de la structure d'une simulation participative. L'organisation des mécaniques en catégories et en briques constitue un formalisme de description assez générique, qui a déjà été éprouvé dans le cadre de l'utilisation des Briques Gameplay appliquées aux jeux vidéo (Alvarez et al. 2006, Alvarez 2018). L'adaptation que je propose ici, étendue par les enseignements tirés de l'analyse des jeux de société réalisée par Miguel Rotenberg, demande à présent à être éprouvée. Une première voie consisterait à essayer de décrire la structure de simulations participatives existantes à l'aide des briques de mécanique proposées. Une autre voie d'investigation consisterait à tenter de traduire sous forme de jeux des schémas ARDI décrivant le modèle conceptuel de simulations participatives, à l'aide de ces briques. Si son usage s'avère fructueux, cette classification des mécaniques de jeu permettrait de combler un manque actuel dans le processus de conception des simulations participatives, qui est

le passage du modèle conceptuel au *gameplay*. En termes de recherche analytique, une voie consisterait à utiliser les briques de mécanique de jeu pour analyser le type de décision qui existe dans des simulations participatives existantes. Ce type d'analyse permettrait de mieux comprendre et de qualifier la part décisionnelle existant dans les simulations participatives, et à terme de proposer des formats de simulations participatives mieux adaptées à l'intention participative du dispositif. Une autre voie proposée par Dormans (2011) est d'analyser le comportement émergent de l'environnement d'interactions susceptibles de provenir des interrelations entre les mécaniques de jeu, plutôt que de l'addition d'un grand nombre de mécaniques de jeu. Cette voie de recherche viserait à revenir aux fondamentaux de ce domaine, en termes de design, à savoir concevoir des systèmes complexes à partir d'éléments simples et appropriés.

7. Analyse des effets de la simulation participative

Ce chapitre vise à mieux caractériser les effets produits par la simulation participative au niveau des participants. Le terme d'effet, rappelons-le, est à distinguer de celui d'impact. L'effet est ce que les participants retirent de l'expérience de simulation. L'impact correspond aux répercussions que le déploiement de simulations participatives peut avoir sur les institutions et l'environnement social d'un territoire. Différents auteurs appellent à conduire une recherche sur les impacts. Pour ma part, je ne m'inscris pas dans cette recherche (cf. Chapitre §5.2.2.2). Ma démarche scientifique consiste d'une part à analyser les effets des simulations participatives, et d'autre part à mener une recherche sur le design, tant le design de l'artefact (DIS) que celui du déploiement de simulations participatives (DIL), ce afin d'analyser les mécanismes qui favorisent l'articulation entre le dispositif et les arènes d'actions du territoire. L'analyse du design du dispositif et de son articulation avec le territoire seront présentées au chapitre suivant.

Pour caractériser les effets produits par la simulation participative, l'analyse menée dans ce chapitre mobilise à la fois des observations de terrain et des conceptualisations au sujet de ces effets. Les concepts et les classifications utilisés ont été proposés par divers auteurs. Ils sont remobilisés ici ; parfois en les utilisant sous leur forme d'origine, parfois en les adaptant à la pratique de la simulation participative afin de donner du sens aux observations de terrain issues de mes propres travaux ou des travaux de collègues.

Les effets de l'expérience de simulation participative pour les participants sont multiformes. En premier lieu, les effets sont de l'ordre de l'apprentissage expérientiel et social, comme déjà décrit plus haut. Il s'agira de comprendre, de qualifier et de classer ces effets d'apprentissage. Une autre façon

d'aborder les effets de la simulation participative consiste à étudier les effets de médiation induits par l'objet-frontière qu'est l'artefact de simulation. Il conviendra de préciser quels sont les processus de médiation à l'œuvre dans un atelier de simulation participative. Une troisième façon d'aborder ces effets est par le changement. Comment les participants opèrent-ils le changement dans une simulation participative ? Il s'agira d'étudier les stratégies que les participants expérimentent dans le cadre du jeu pour faire évoluer le système d'interactions.

Les effets de la simulation participative pourraient être étudiés sous bien d'autres formes encore. Par exemple, il pourrait s'agir d'analyser les changements induits par la simulation participative sur les rapports sociaux entre participants (Barbier et Larrue 2011), ou bien sur les relations de confiance entre participants (de Coninck et al. 2015) ou encore sur la capacité des participants à penser le système complexe et à le transcender (Meadows 2008). Les analyses présentées ici sont un aperçu des recherches actuelles et futures sur la pratique de la simulation participative.

7.1. Les effets d'apprentissage

Ce chapitre vise à mieux qualifier les apprentissages produits par la simulation participative. Après avoir rappelé le mécanisme de l'apprentissage expérientiel et social, ce chapitre présente les différents travaux de recensement des effets d'apprentissage conduits par les chercheurs et les praticiens de la modélisation d'accompagnement, puis par ceux du domaine de *simulation and gaming*. L'objectif sera de mieux cerner la spécificité de ces effets dans le cadre de la pratique de la simulation participative. Puis, ce chapitre remobilise les enseignements issus des travaux sur les jeux sérieux au sujet des apprentissages et une synthèse de ces travaux sera présentée. En fin de chapitre, je propose une nouvelle classification des effets d'apprentissage, mieux adaptée à la pratique actuelle de la simulation participative. En outre, la question de l'évaluation de ces effets est traitée quant à elle au Chapitre §9.1.1.

7.1.1. Le mécanisme de l'apprentissage expérientiel et social

Historiquement, le mode d'apprentissage que l'on retrouve à l'œuvre dans la simulation participative a été formalisé au début des années 1970 par David Kolb, théoricien américain des sciences de l'éducation, sous la forme du cycle de l'apprentissage expérientiel (Kolb 1984). Cette formalisation d'un apprentissage basé sur l'expérimentation, l'essai-erreur, va notamment nourrir l'approche de la pédagogie active, parfois mobilisée dans le domaine de l'éducation, et qui est l'un des fondements de l'éducation populaire. Thatcher propose en 1990 une formalisation de cet apprentissage appliquée à la pratique du *simulation and gaming* (Thatcher 1990). L'apprentissage prend forme lors du débriefing, qui est le moment réflexif où les participants s'interrogent sur leurs expériences durant le jeu. Lors de ce processus mental, les participants mettent en forme et articulent leurs idées ; c'est ce processus qui

transforme l'expérience vécue en apprentissage. Klabbers nomme ce processus, *l'action learning* (Klabbers 2009b). Le fait de partager son expérience avec les autres, de l'expliquer aux autres, participe grandement à cette organisation des idées qui ancre l'apprentissage. Lors de la simulation, l'expérience vécue par les participants est en fait constituée d'une multitude de micro-expériences vécues au cours de la partie¹¹³. Pour le participant, chacune de ses micro-expériences fait l'objet d'un cycle d'apprentissage expérientiel : expérience concrète, observation réflexive, conceptualisation abstraite, expérimentation active. Si le débriefing revient en partie sur ces micro-expériences, il cherche aussi à évaluer l'expérience d'ensemble vécue par chacun des participants, ce qui va permettre de faire porter l'apprentissage sur les concepts et les processus simulés, sur les compétences mises en pratique, ou bien encore sur l'impact des émotions vécues durant le jeu sur les décisions prises. Klabbers poursuit la réflexion sur le rôle du débriefing dans l'apprentissage expérientiel en distinguant deux phases du débriefing. Durant la première phase, qui correspond à l'étape d'observation réflexive, les participants passent en revue différentes micro-expériences vécues (ils les racontent et les discutent). Lors de la deuxième phase, il n'est plus question des micro-expériences mais de ce que les participants retirent de l'expérience d'ensemble. Cette phase correspond à l'étape de conceptualisation abstraite de Kolb, ainsi qu'à la dernière phase du débriefing déjà étudiée au Chapitre §6.3.2. En outre, Klabbers estime que l'une des spécificités de l'apprentissage dans le *simulation and gaming* tient à ce que les participants mobilisent des connaissances tacites ainsi que leur intelligence émotionnelle pour prendre des décisions dans le jeu (Klabbers 2009b, p 93). Le rôle des émotions dans ce type d'apprentissage est particulièrement important. Selon Martin et Alvarez (2018), c'est notamment la mise en débat des émotions lors du débriefing qui favoriserait les réévaluation et les transformations de perceptions et des manières de faire. Cette dimension de l'apprentissage peut être expliquée par la distinction que Markus Ulrich rappelle, entre la connaissance produite par l'abstraction et celle produite par l'expérience concrète (Ulrich 1997c). En effet, lors de la phase de conceptualisation abstraite, les expériences vécues sont comparées aux théories existantes, ou encore aux connaissances que les participants ont du fonctionnement du système réel. C'est de cette façon que de nouvelles abstractions et de nouvelles connaissances sont produites. Or l'étape d'expérience concrète vécue par les participants à chacune de leurs micro-expériences produit également des connaissances, qui sont d'un autre ordre. Il s'agit ici de connaissances produites en réaction à un évènement extérieur, qui émergent de l'interaction avec le jeu et non pas de l'abstraction ou de la réflexion. Ce type de production de connaissances mobilise des éléments tacites ainsi que l'intelligence émotionnelle. Pour bien distinguer ces deux types de connaissances, et comme la nature

¹¹³ Par exemple, le moment où le participant voit pour la première fois l'effet de ses actions de jeu sur les autres joueurs, un autre moment où une décision collective dans le jeu a été imposée par l'un des joueurs, ou bien encore les ajustements de stratégie que le joueur a progressivement réalisés pour améliorer son rendement de culture dans le jeu.

de la connaissance est un débat qui continue à faire couler beaucoup d'encre, le terme de « compétences » sera utilisé ici pour désigner ces connaissances produites lors de l'expérience concrète. Dans une simulation participative, une grande partie des compétences produites par les expériences concrètes vécues par les participants émerge, certes des interactions avec le jeu, mais surtout de celles avec les autres joueurs. C'est pour cela que Lavoué parle de *soft social skills* (Lavoué 2012) et que l'on parle d'apprentissage expérientiel et d'apprentissage social (McCarthy et al. 2011) dans le cadre de la simulation participative.

Le chapitre suivant s'intéresse aux types d'effets d'apprentissage, et examine les typologies et les classifications élaborées par les auteurs de la littérature du *simulation and gaming* et de la modélisation d'accompagnement.

7.1.2. Les effets d'apprentissage recensés dans la littérature

7.1.2.1. Travaux des praticiens de la modélisation d'accompagnement

Pour débiter cet examen des différents types d'effets d'apprentissage recensés, la typologie des apprentissages proposée par Daré et al. (2010) paraît bien adaptée au vu de son utilisation par de nombreux praticiens de la modélisation d'accompagnement. Cette typologie a été élaborée à l'occasion du projet ADD-ComMod, ce qui a permis de l'éprouver au regard d'un grand nombre de cas d'application de la modélisation d'accompagnement.

Type d'apprentissage	Description des apprentissages et compétences correspondants
Apprentissage relatif à l'enjeu	connaissances générales sur la dynamique du système et sur les conditions d'émergence de la question traitée
Apprentissage technique	apprentissage de connaissances et de techniques permettant de réfléchir aux options possibles pour atteindre un état désiré
Apprentissage au sujet des autres	connaissance des intérêts, compétences et enjeux de chacun ; connaissance des croyances, points de vue, normes et valeurs de chacun
Apprentissage communicationnel	acquisition d'un mode d'interaction sociale qui permet de partager de la connaissance, d'apprendre et de décider collectivement
Apprentissage organisationnel	connaissance des options d'organisation des acteurs et leurs conséquences afin de sélectionner l'organisation la plus à même d'atteindre l'objectif visé

Figure 30 : Typologie des apprentissages souvent utilisée en modélisation d'accompagnement (Daré et al. 2010)

Les deux premiers types d'apprentissage de cette typologie¹¹⁴ (Figure 30) correspondent à l'apprentissage substantif (sur le sujet ou la situation étudiée). On y voit également transparaître des éléments relatifs à l'acquisition de compétences, même si elle n'est pas nommée ainsi. Les deux suivants correspondent à des apprentissages et à des compétences acquises au travers de l'interaction

¹¹⁴ Depuis 2010, les auteurs de cette typologie ont également identifié dans leur pratique des apprentissages permettant un gain d'autonomie des participants, ou bien encore des effets de renforcement des liens sociaux ou d'élargissement des représentations des participants (à rapprocher du *systems thinking*).

avec les autres. Enfin, le dernier type correspond à l'apprentissage organisationnel. Cette catégorie d'apprentissage est proposée par les auteurs pour permettre d'évaluer si le processus de modélisation d'accompagnement permet au collectif de participants à la démarche de changer leur façon d'interagir entre eux, en passant d'une forme de collectif de type « plateforme multi-acteurs » (collectif d'individus interagissant au travers de négociations stratégiques ou conflictuelles, non coopératives) à une forme d'organisation véritable (collectif d'individus rassemblés autour d'un projet commun et ayant des routines ou des habitudes pour coordonner leurs activités). Cette dernière catégorie correspond donc à un objectif propre à la modélisation d'accompagnement ; la question de la collaboration entre les participants est abordée différemment dans les travaux du *simulation and gaming* (cf. chapitre suivant).

La typologie proposée par Daré et al. (2010) est intéressante, car elle a été élaborée dans le but d'évaluer la constitution de l'action collective. Son inconvénient, pour le sujet traité ici, tient à ce qu'elle est liée à l'évaluation d'un processus d'accompagnement plus large que celui du déploiement d'un dispositif de simulation participative. Elle a toutefois été utilisée à différentes occasions pour évaluer plus spécifiquement des phases de simulation participative au sein d'un processus de modélisation d'accompagnement. C'est par exemple le cas du projet ComMod-courbine, pour lequel l'application de cette typologie au sein de la grille d'évaluation a permis de faire ressortir très nettement des apprentissages substantifs et des apprentissages au sujet des autres (Becu et al. 2016d). En revanche, l'apprentissage organisationnel ne ressort pas vraiment en tant que tel. En effet, des arrangements ou des propositions pour s'organiser autrement ressortent, mais, comme cela sera abordé au Chapitre §7.2, il ne s'agit pas réellement de l'émergence d'un collectif organisé, plutôt de la construction de compromis. Un constat assez similaire est réalisé sur l'évaluation des apprentissages issus de douze sessions de simulation participative avec le dispositif NewDistrict (Becu et al. 2015b). La Figure 31 montre que les apprentissages communicationnels et substantifs ressortent nettement, mais que les options d'organisation ne sont pas forcément identifiées par les participants comme un élément d'apprentissage.

Learning about the issue	21%
Learning about technical options	12%
Learning about others	12%
Communication learning	44%
Learning about organizational options	10%

Figure 31 : Évaluation des apprentissages de douze sessions NewDistrict, selon la typologie de Daré et al. 2010 (source : Becu et al. 2015b)

D'autres cas tendent à confirmer cette hypothèse (Ducrot et al. 2010b, Berthet et al. 2016, Galafassi et al. 2017). Par exemple, Mathevet et al. (2008) identifient dans leur jeu de rôles des apprentissages sur les interdépendances entre les rôles ainsi que l'acquisition de compétences de négociation, mais

pas réellement d'éléments relatifs à l'apprentissage organisationnel tel qu'énoncé ci-dessus. Néanmoins, cela ne veut pas dire que des solutions collectives ne sont pas identifiées et mises en pratique au travers de formes d'organisation collective, comme le montrent par exemple différentes applications de la modélisation d'accompagnement en Thaïlande et au Bhoutan (Barnaud et al. 2006). Ainsi, au travers de la simulation participative, outre les apprentissages substantifs et au sujet des autres, ces travaux des praticiens de la modélisation d'accompagnement laissent à penser que les autres effets sont davantage de l'ordre de l'évolution des points de vue et des positions de chacun, qui permettent aux participants de reconnaître l'intérêt d'une coordination. Le chapitre suivant s'intéresse donc aux travaux réalisés dans le domaine du *simulation and gaming* sur cette question des effets d'apprentissage.

7.1.2.2. Travaux issus du domaine du *simulation and gaming*

En 1997, Ulrich réalise un état des lieux des types d'apprentissage recensés dans les applications du *simulation and gaming* appliquées aux enjeux environnementaux. Parmi 27 numéros du journal du domaine, ainsi qu'au travers de recherches sur internet, il recense 31 applications correspondant à des simulations jouées qui mêlent apprentissage expérientiel et apprentissage social¹¹⁵. Les types d'apprentissage recensés à cette époque et classés par ordre d'importance sont alors : compréhension des mécanismes, compétences en communication, compétences en négociation, connaissances scientifiques et savoir-faire en matière de prise de décision¹¹⁶. Dès ces premières revues de la littérature, on voit apparaître l'acquisition de compétences comme l'un des points marquants des effets d'apprentissage de la simulation participative. Plus récemment, Wietske Medema, Igor Mayer et leurs collègues ont étudié les potentialités de l'utilisation de la simulation participative dans le domaine de la gestion de l'eau transfrontalière (Medema et al. 2016). Pour ce faire, ils ont cherché à qualifier plus précisément l'apprentissage social qui résulte de cette pratique au travers d'une revue de la littérature. Ils le qualifient d'encouragement au travail collaboratif dans les processus de prise de décision. L'apprentissage social procéderait en deux niveaux de processus. Il s'agirait d'une part de la reconnaissance du besoin d'interagir ensemble, de partager les points de vue sur un problème donné et de rechercher des solutions alternatives pour résoudre les problèmes. D'autre part, un deuxième niveau résultant du premier consisterait en la reconnaissance de la dépendance mutuelle et du rôle que joue la confiance dans le travail collaboratif.

D'autres auteurs se sont tournés vers la psychologie sociale pour mieux qualifier l'apprentissage social. C'est notamment le cas de Constanze Haug, qui définit dans sa thèse une typologie en trois types

¹¹⁵ Plusieurs de ces applications ont été citées au Chapitre §2.1, et font partie des « classiques » du domaine, comme Metro-Apex, Stratagem, FishBanks, New Commons Game.

¹¹⁶ Ulrich recense en même temps des objectifs d'usage comme le team-building ou encore la sensibilisation.

(cognitif, normatif, relationnel) en s'appuyant sur les recherches en psychologie, en gestion, en science politique et d'autres disciplines des sciences sociales ; elle cherche en cela à rassembler les enseignements issus de ces différentes disciplines pour les appliquer à la pratique du *policy gaming* dans le domaine de la gestion de l'environnement (Haug et al. 2011). L'intérêt de cette typologie selon ces auteurs est de proposer des catégories d'apprentissage fonctionnelles et cohérentes avec les recherches menées sur la gestion adaptative de l'environnement, notamment au travers du fait que cette typologie fasse ressortir explicitement les apprentissages relationnels. L'autre intérêt que les auteurs identifient est que cette typologie met à parts égales les apprentissages normatifs avec les autres types d'apprentissage. Or, trop souvent, les études en sciences de l'environnement s'intéressent exclusivement aux apprentissages normatifs (est-ce que les acteurs ont changé d'avis ? est-ce qu'ils se sont approprié les valeurs de défense de l'environnement ?) (Haug et al. 2011, Baird et al. 2014).

S'appuyant sur la typologie de Haug (et sur les indicateurs de mesure associés proposés par Baird et al. (2014)), den Haan et van der Voort réalisent en 2018 une large étude sur l'apprentissage social et ses effets, au travers de l'utilisation de la simulation participative. Les auteurs nomment les dispositifs qu'ils étudient des jeux sérieux collaboratifs. En pratique cependant, les 37 dispositifs qu'ils identifient sont des dispositifs de simulation participative (Encart 4). Un premier résultat de leur étude est que les praticiens s'accordent sur le fait que leurs dispositifs produisent des effets en termes d'apprentissage social et d'apprentissage expérientiel.

Den Haan et van der Voort (2018) ont réalisé une recherche systématique des articles publiés dans les revues académiques entre 2007 et 2018 contenant les termes « serious gam* », « simulation gam* », et « policy gam* » (l'astérisque permettant de faire la recherche sur game ou gaming) dans leurs titre, mots clés ou résumé. Ils ont restreint leur extraction aux articles traitant de leur thématique d'analyse, de la durabilité, et aux dispositifs multi-joueurs. Après plusieurs traitements pour écarter les articles hors-sujet, ils recensent 37 dispositifs correspondant assez bien aux contours de la simulation participative tels que proposés dans cet ouvrage. L'origine des concepteurs de ces 37 dispositifs donne un aperçu des différentes communautés de pratique qui mobilisent la simulation participative aujourd'hui.

Un quart des dispositifs recensés sont développés et utilisés par des praticiens de la modélisation d'accompagnement. Un autre quart a été développé par les chercheurs et praticiens de TU Delft, Wageningen, Tilbourg ou Breda University (Igor Mayer ayant quitté TU Delft pour l'université de Breda). Une autre partie est développée par d'autres praticiens du *Simulation and Gaming* comme Yusuke Toyoda et ses collègues au Japon. Enfin, les autres dispositifs recensés sont développés par des praticiens de différents horizons, dont certains sont passés par les formations ComMod (cette [page web](#) donne un aperçu des formations ComMod dispensées dans leur format actuel depuis 2009).

Il est intéressant de noter que les applications du domaine de la modélisation participative, menées notamment par Alexey Voinov et ses collaborateurs, ne sont pas identifiées par cette recherche réalisée autour des mots clés game/gaming. Les auteurs de ce domaine d'application sont plutôt établis aux États-Unis et en Australie. Voinov lui-même, qui a co-écrit en 2010 un article de référence dans ce domaine, dans lequel la simulation participative est explicitement citée, a quitté l'université hollandaise de Twente en 2017 pour rejoindre l'université de technologie de Sydney. En Australie, il développe un centre de recherche sur les *Persuasive Systems*, des dispositifs focalisés sur le changement de comportement (Harjumaa 2014).

Ainsi, la revue systématique de la littérature réalisée par den Haan et van der Voort laisse à penser qu'une grande partie des dispositifs de simulation participative développés actuellement est issue des communautés de pratique hollandaises ou françaises.

Encart 4 : Aperçu des communautés de pratique de la simulation participative dans le monde académique via le prisme d'une revue systématique de la littérature de 2018

Puis, les auteurs identifient cinq catégories d'effets d'apprentissage parmi les applications des 37 dispositifs qu'ils ont recensés.

Catégorie d'effets d'apprentissage
Apprendre sur le sujet traité dans le jeu, son système d'interactions et la complexité des enjeux (qui appelle des compromis entre les différents objectifs)
Apprendre sur le sérieux d'un problème
Changement de points de vue, d'opinion ou de valeurs
Apprendre sur le rôle, la mentalité et les points de vue des autres participants
Améliorer sa capacité à collaborer en établissant des relations sociales et des rapports de confiance

Figure 32 : Effets d'apprentissage recensés dans 37 dispositifs de simulation participative (den Haan et van der Voort 2018)

Les deux premières catégories relèvent de l'apprentissage cognitif. La troisième relève de l'apprentissage normatif, et les deux dernières de l'apprentissage relationnel. Cette étude montre que la typologie de Haug permet de faire ressortir des catégories d'apprentissage qui corroborent en partie la typologie classiquement utilisée en modélisation d'accompagnement de Daré et al. (2010). Toutefois plusieurs nuances et différences sont à noter. Avant de développer davantage ces différences et complémentarités, le chapitre suivant présente un troisième corpus de résultats.

7.1.2.3. Synthèse des apprentissages recensés dans la littérature sur le jeu sérieux

Le Chapitre §4.3.2, a présenté un panorama des travaux menés sur l'apprentissage dans les jeux sérieux. Voici une synthèse des enseignements que l'on peut tirer de ces travaux (Figure 33).

Catégorie d'apprentissage	Description des apprentissages et compétences correspondants
Apprentissage cognitif	Cette catégorie comprend l'acquisition de connaissances cognitives (comprendre des concepts, les relier à des schémas mentaux personnels et/ou à des expériences vécues, les associer ensemble pour se faire une vision d'ensemble du système – systems thinking), et l'acquisition de compétences et de savoir-faire pour la résolution des problèmes ou la prise de décision (savoir trouver de l'information, savoir la traiter par rapport à une situation, et savoir en déduire des actions à entreprendre en conséquence)
Compétences motrices et gymnastiques intellectuelles	Acquisition de savoir-faire qui requiert une gestuelle, une activité motrice ou une gymnastique intellectuelle (comprendre la mise en œuvre d'une activité du corps ou de l'esprit, la pratiquer et la mémoriser jusqu'à ce qu'elle devienne une sorte d'automatisme).
Acquisition de <i>soft skills</i> / attitude et maîtrise émotionnelle	Travail sur l'attitude, au sens d'état émotionnel de l'individu. Il peut s'agir de savoir faire preuve de maîtrise émotionnelle (contrôle émotionnel et adaptation de son état émotionnel) par rapport à une situation, à un environnement, ou un choix à faire comportant un caractère de stress. Il peut aussi s'agir du développement de l'empathie, en développant la capacité de l'individu à ressentir l'état émotionnel de l'autre par un processus de décentration.
Acquisition de compétences sociales et communicationnelles	Cette catégorie recouvre l'acquisition de capacités à négocier, à collaborer, à s'organiser collectivement et à se faire confiance, en sachant écouter et se mettre à la place de l'autre afin d'adapter son propre comportement en fonction du point de vue et des attentes de l'autre.

Figure 33 : Synthèse des apprentissages recensés dans la littérature sur le jeu sérieux

La première et la quatrième catégorie se recoupent assez bien avec les typologies présentées précédemment. En revanche, les études sur les jeux font également d'une part ressortir l'acquisition de compétences motrices ou de compétences liées à l'agilité intellectuelle. Dans le cas de la pratique de la simulation participative, cette catégorie ne semble pas forcément adaptée. D'autre part, l'acquisition de *soft skills* et d'aptitudes à la maîtrise émotionnelle sont des aspects qui restent peu étudiés dans la pratique de la simulation participative et pourraient constituer un terrain d'innovation assez intéressant pour les recherches futures¹¹⁷.

À l'issue de l'étude des travaux sur les effets d'apprentissage menés dans les différents courants d'influence et de pratique de la simulation participative, un dernier corpus de travaux est présenté, celui des apprentissages politiques.

¹¹⁷ Dans le domaine des jeux vidéo, la prise en compte des émotions dans le design des jeux est étudiée depuis de nombreuses années, par exemple par des designers indépendants comme Stéphane Bura (Bura 2008). Dans le domaine des jeux sérieux également, les travaux sur la conscience émotionnelle commencent à être de plus en plus nombreux (Lavoué et al. 2019).

7.1.2.4. [Les apprentissages politiques](#)

Dans le domaine des sciences politiques, les apprentissages sont examinés au travers d'une approche des politiques publiques par les idées (May 1992, de Maillard et Külber 2015). Cette approche considère que la conduite des politiques publiques par ses acteurs n'est pas uniquement le résultat de stratégies de pouvoir, mais également d'activités cognitives permettant aux acteurs politiques de mieux comprendre une réalité complexe. Dans cette vision de la politique en marche, le changement de politique publique peut en partie résulter de la perception des actions passées, de nouvelles idées ou de changements dans l'environnement de la politique publique. Trois types d'apprentissage sont alors identifiés par Peter May en 1992. Le type instrumental porte sur la viabilité des instruments de politique publique, c'est-à-dire les moyens d'action. Le deuxième type est social (*social policy learning*) ; il implique une redéfinition des objectifs et des publics de la politique publique menée. Le troisième, que de Maillard propose d'appeler stratégique (2002), désigne la capacité des acteurs politiques à apprendre à mieux défendre leurs propositions en fonction des ressources des uns et des autres (de Maillard 2010). Dans le cadre de l'analyse des politiques publiques, ces apprentissages permettent d'expliquer des « changements mineurs », c'est-à-dire des adaptations de la politique menée (tout en laissant ses traits principaux intacts) ou la formulation de nouvelles idées de politiques possibles. Les « changements majeurs », qui désignent le remplacement d'une politique par une autre, restent quant à eux le résultat des rapports de pouvoir entre coalitions.

Appliqué à l'étude de la participation des citoyens à différentes formes de mobilisations citoyennes, ce cadre d'analyse des apprentissages politiques permet de faire ressortir un effet de la participation sur la capacité des individus à identifier des antagonismes (apprentissage du conflit) et à construire des accords collectifs (apprentissage de la participation ou de la délibération) (Seguin 2015). Il en résulte un apprentissage politique par les citoyens qui leur permet d'apprendre à construire du bien commun, en dépassant l'anecdotique et les situations immédiates, et en s'extrayant des intérêts particuliers pour appréhender l'intérêt général (Seguin 2018).

7.1.3. [Classification des effets d'apprentissage pour la pratique de la simulation participative](#)

Fort des enseignements issus des différents domaines abordés plus haut, je propose à présent une classification des effets d'apprentissage plus en adéquation avec la pratique actuelle de la simulation participative et à ses usages futurs potentiels.

En premier lieu, et en accord avec la littérature anglophone du point de vue de la terminologie, il paraît judicieux d'élaborer une première catégorie d'effets dits cognitifs. Ces apprentissages portent sur les concepts et les associations entre concepts au sujet du système étudié. Le fait qu'il s'agisse d'éléments

techniques ou de connaissances générales sur le système et ses enjeux ne paraît pas une distinction utile. La focale dépendra du cas d'application. Associée à ces apprentissages de connaissances, il est important d'inclure dans cette catégorie l'acquisition des compétences permettant d'identifier ces concepts et les systèmes d'interactions associés ; savoir rechercher l'information à leur sujet et savoir la traiter pour la prise de décision.

La catégorie des apprentissages normatifs telle qu'énoncée par den Haan et van der Voort semble davantage associée à une intention de sensibilisation qu'à l'intention de participation qui est étudiée ici. C'est pourquoi je ne la retiens pas cette classification.

En revanche, la catégorie des apprentissages relationnels semble tout à fait judicieuse et est à rapprocher des « apprentissages au sujet des autres » identifiés en modélisation d'accompagnement. Cette dernière inclut les connaissances sur les croyances ou les valeurs des autres ; toutefois, dans la pratique, ces éléments ne ressortent pas sous cette forme des évaluations réalisées. Comme déjà mentionné plus haut, la mise en œuvre de la typologie de Daré et al. (2010) fait plutôt ressortir des apprentissages sur le point de vue des autres, sur leurs rôles dans le réseau d'acteurs ou bien encore sur leurs positions par rapport aux enjeux discutés. En termes de compétences, on trouve ici la capacité à adapter son propre comportement en fonction du point de vue ou des attentes de l'autre.

Une autre catégorie d'apprentissages relève cette fois-ci du travail collaboratif. Les connaissances associées sont l'apprentissage des aptitudes des autres, de ce qu'ils peuvent apporter et des interdépendances entre les acteurs. En termes d'acquisition de compétences, on retrouve ici les compétences communicationnelles : savoir écouter, savoir partager de l'information ou des points de vue, savoir faire confiance à l'autre, développer l'empathie (savoir se mettre à la place de l'autre, tant sur le plan cognitif qu'émotionnel). Cette catégorie recouvre également l'acquisition de capacités à se coordonner et à organiser des tâches collectives.

La dernière catégorie semble davantage relever de l'apprentissage à la décision collective, qui se rapproche de l'apprentissage politique vu plus haut. En termes d'apports de nouvelles connaissances, cette catégorie recouvre la connaissance des instruments (les moyens d'actions et d'évaluation), de leur viabilité et de leurs complémentarités (ou antagonismes) et la connaissance des intérêts des différentes parties prenantes. En termes d'acquisition de compétences, on trouve ici la capacité à négocier, à défendre son opinion dans la construction d'accords collectifs, à rechercher des solutions alternatives, et éventuellement à construire de l'intérêt général.

Catégorie d'apprentissage	Acquisition de connaissances et de compétences (capacités) associées à la catégorie d'apprentissage
Cognitif	Connaissance sur le système d'interactions (concepts, incidences des mécanismes d'interactions, hétérogénéité des situations) Capacité à savoir identifier l'information dans un système complexe, la traiter et la mobiliser en situation de décision
Relationnel	Connaissance du point de vue, du rôle et des positions des autres Capacité à adapter son comportement et son attitude (maîtrise émotionnelle) en fonction des attentes et des positions des autres
Collaboratif	Connaissance des interdépendances entre acteurs et des aptitudes des autres Capacité d'écoute, de partage d'informations et de points de vue, d'empathie. Capacité à faire confiance à autrui, à se coordonner et à organiser des actions collectives
Politique	Connaissance des instruments (moyens d'action et d'observation), et des intérêts et ressources des parties prenantes Capacité à négocier, à défendre son opinion, à construire des accords collectifs, à chercher des solutions alternatives répondant à l'intérêt général

Figure 34 : Classification des effets d'apprentissage appliquée à la simulation participative

La Figure 34 synthétise les quatre types d'apprentissage qui viennent d'être présentés. Cette classification des effets d'apprentissage semble plus appropriée à la pratique de la simulation participative. Certains des éléments de cette classification ont pu parfois être évalués sous une autre forme que celle proposée ici, tels ceux de la catégorie des apprentissages politiques. Ainsi, dans sa thèse, Alice Lapijover analyse la capacité des participants à des ateliers de simulations participatives à reconnaître des instruments (en l'occurrence des instruments d'observation et de gestion des populations de mammifères marins dans le golfe de Gascogne) et à la mobiliser selon une posture stratégique (Lapijover 2018). D'autres éléments de cette classification n'ont pas encore été forcément évalués dans le cadre de la simulation participative, par exemple les éléments de maîtrise émotionnelle ou d'empathie. Toutefois, il semble important de les inclure ici, d'une part car ils sont identifiés dans la littérature, et d'autre part parce qu'ils pourraient constituer un terreau fertile pour de futures recherches sur la pratique de la simulation participative. En outre, à l'heure actuelle plusieurs travaux ont été menés ou sont en cours sur l'étude des capacités associées à la pratique de la simulation participative¹¹⁸. L'angle d'analyse des capacités vise à rendre compte de la possibilité effective des individus à choisir entre différentes options possibles (des options de développement par exemple), et à atteindre leurs objectifs (Ballet et Mahieu 2009). L'étude des capacités est complémentaire de celle sur la capacité des individus à choisir. Cette dernière se focalise sur le « sujet capable » d'agir (Ricoeur 1995) et s'intéresse donc aux capacités intrinsèques de l'individu. L'étude des capacités s'intéresse en revanche davantage à l'environnement de l'individu et interroge très clairement le

¹¹⁸ Les capacités ont été étudiées par différents auteurs, notamment ceux travaillant sur le domaine de l'analyse critique des processus participatifs (van den Hove 2000, Pelenc 2014, Pelenc et al. 2015, Pelenc et Ballet 2015, Seguin 2016, 2018, Aiguier 2017). Dans le cadre de la pratique de la simulation participative, les travaux qui abordent ce concept commencent tout juste. On peut citer par exemple le travail de Daniau (2016), ou plus récemment la thèse de Sarah Loudin, soutenue en octobre 2019, qui porte notamment sur la redistribution des capacités analysée au travers du kit de jeu WAG (Loudin 2019).

niveau de liberté offert à l'individu pour réaliser ses choix (Sen 2004). Ces études seront certainement l'occasion de mieux cerner et d'analyser les effets d'apprentissage, notamment en ce qui concerne les apprentissages politiques et collaboratifs.

Ce chapitre a permis d'étudier les travaux menés, dans les domaines du *simulation and gaming* et de la modélisation d'accompagnement, sur les différents apprentissages et acquisitions de compétences. Ces travaux permettent aujourd'hui de mieux comprendre ces effets et de les analyser, tant du point de vue du design du dispositif que des répercussions potentielles au niveau des arènes d'actions sur le territoire. Toutefois, les méthodologies d'évaluation à l'heure actuelle sont extrêmement variées, tant au niveau du type d'analyse menée (analyse quantitative, analyse qualitative, ou encore un mélange des deux), qu'au niveau de la façon de les mettre en œuvre (certaines évaluations prennent plusieurs années, le temps d'une thèse, d'autres sont mises en œuvre beaucoup plus rapidement et sur des échantillons plus larges). L'une des questions qui continue à se poser pour les années à venir est celle de la mise en œuvre de procédures d'évaluation des effets d'apprentissage pouvant s'adapter à une pratique hors du cadre de la recherche. L'objectif serait de permettre la réalisation de suivis réguliers des dispositifs déployés sur le terrain. Les contours de cette question seront examinés au Chapitre §9.1.

7.2. Les effets de médiation : l'objet-frontière en action

La simulation peut être le support d'une médiation active (Martin 2014). Le Chapitre §5.3.2 avait décrit comment l'artefact de simulation pouvait porter les attributs d'un objet intermédiaire au rôle médiateur (ou objet-frontière), en offrant des prises, des équipements, qui soient lisibles et opérables par les différents mondes sociaux rassemblés autour de l'artefact. Le présent chapitre, étudie comment ce processus de médiation s'opère lors d'un atelier de simulation participative. Pour cela, nous nous intéressons à un cas d'étude, celui du projet ComMod-courbine, dont j'ai observé et évalué la phase de simulation participative, qui a eu lieu en novembre 2012. Bien entendu, d'autres travaux permettraient également d'étudier les processus de médiation dans la pratique de la simulation participative, par exemple des applications sur l'aménagement du territoire au Sénégal et à la Réunion (Daré et al. 2008), une application sur la coordination intercommunale des stratégies de prévention du risque de submersion sur l'île d'Oléron (Becu et Rulier 2018), ou bien encore la médiation entre les professionnels de l'aménagement périurbain autour des enjeux de la biodiversité (Becu et al. 2015b). L'analyse présentée ci-dessous permet de rendre compte d'une grande partie des mécanismes qui sont identifiés dans ces autres travaux.

Le cas d'étude porte sur la mise en place du plan d'aménagement pour la pêche de la courbine (PAP-courbine) en Mauritanie. Un atelier de trois jours a été organisé à l'issue d'un processus de co-construction de l'artefact de simulation. L'atelier a réuni une soixantaine de personnes, pêcheurs, armateurs, mareyeurs, représentants de syndicats, chercheurs halieutes et agents du ministère de la Pêche et de ses agences associées. Le premier jour était dédié à la session de simulation participative et à son débriefing, visant à faire apparaître les principaux enjeux de la pêche de la courbine. Le deuxième jour était consacré à des travaux en sous-groupes pour formuler des propositions de gestion pour le PAP-courbine, suivis d'une plénière pour choisir les propositions de gestion à inscrire dans le PAP-courbine. Le dernier jour consistait en une journée de synthèse en présence du rapporteur du PAP-courbine pour le compte du ministère de la Pêche. Le deuxième puis le troisième jour, deux propositions majeures sont ressorties et ont été présentées au rapporteur du PAP-courbine : la formation d'une commission de fixation des prix et l'ouverture à l'export de la courbine.

Conduites avec un collègue sociologue et une collègue en psychologie de l'environnement, l'observation et l'analyse de la simulation participative réalisée le premier jour ont permis de mieux comprendre les leviers ayant conduit à l'élaboration de ces deux compromis entre les différentes parties prenantes dans la mise en place de ce plan d'aménagement (Becu et al. 2016d). Nos résultats ont permis d'explicitier les leviers suivants :

- Apprentissage collaboratif et politique : apprentissage à propos des contraintes (se mettre à la place de) et des objectifs des autres acteurs (apprentissage collaboratif et politique) ;
- Apprentissage cognitif : apprentissage sur les dynamiques environnementales ;
- Dévoilement : le fait de donner à voir aux autres les éléments structurants de sa représentation (valeurs, normes, enjeux portés, etc.). Le fait de se dévoiler participe à l'engagement de la personne dans le processus collectif ;
- Modification temporaire des rapports de force : ce levier résulte des dimensions de second degré et de frivolité du cadre de jeu¹¹⁹, du renforcement de la position des groupes vulnérables par la méthode d'animation utilisée, et de l'apprentissage par les groupes vulnérables des ressources détenues par les groupes les plus favorisés ;
- Re-catégorisation : design de l'artefact permettant de donner à voir aux participants des catégorisations des acteurs et/ou des ressources, différentes d'une part de leurs perceptions habituelles du réseau d'acteurs, et par ailleurs identiques dans le cadre du jeu pour chacun des participants à l'atelier.

¹¹⁹ « La simulation requiert de se détacher de la réalité, et de se soustraire à certaines obligations. Et les interactions avec les autres permettent de chercher des solutions. », citation du rapporteur du PAP-courbine, extraite de Becu et al. (2016d).

Si ces différents leviers ont déjà été abordés dans les chapitres précédents, ce qui produit la médiation est la concomitance de ces leviers qui s'est opérée durant la session de simulation participative. C'est elle qui a été identifiée comme un facteur explicatif de la possibilité de faire émerger des compromis. La mise en situation des acteurs et la mise en scène de leurs interactions permettent aux participants de se mettre à la place des autres, une source d'apprentissage pour l'individu qui le vit. En outre, l'usage de la simulation permet également d'élargir la réflexion aux interactions socio-environnementales, via une prise de recul et un changement de perspective inédit qui tend vers plus de justice dans les relations sociales. La simulation participative va également introduire des décalages par rapport à la situation réelle, en vue de favoriser des changements de positionnement individuel et des accommodements entre intérêts divergents. Elle place les participants dans une réalité différente, un espace de jeu et de test comportant des règles communes qui orientent les « épreuves vers la justice » au sens de Nachi, (2006), et qui suspendent les enjeux réels pour un temps, donc les rapports de force. C'est ce décalage qui permet aux participants de considérer d'autres intérêts que les leurs, d'apprendre sur les autres et sur la ressource, et ainsi de créer un bien commun local au sens de Boltanski et Thévenot (1991). Dans ce contexte, chacun peut observer le fonctionnement des autres, ce qui contribue au dévoilement. C'est donc cet ensemble de facteurs qui participe à créer un climat favorable à la mise en place de concessions réciproques pouvant déboucher sur ces compromis.

Enfin, l'analyse de ce projet a également montré que la constitution de compromis s'est réalisée par l'obtention de concessions réciproques¹²⁰. Ainsi, lors du deuxième jour de l'atelier, durant la formulation des propositions en sous-groupes puis le choix, ou plutôt la négociation, des propositions à retenir en plénière, les mareyeurs ont accepté la proposition d'une commission de fixation des prix, en contrepartie de l'ouverture à l'export. C'est aussi parce que les représentants du ministère de la Pêche étaient présents à cet atelier que cette négociation a pu aboutir.

Ainsi, ce cas d'étude a permis d'explicitier comme l'effet médiateur autour de l'artefact se produit. Il est le résultat de la combinaison de plusieurs effets, que sont les effets d'apprentissage, l'effet de dévoilement, l'effet de re-catégorisation et la modification temporaire des modes d'interaction habituels entre participants (notamment dans l'optique d'un renforcement des groupes vulnérables).

En outre, ce cas d'étude montre clairement que ces effets de l'artefact permettent de créer des situations potentielles de compromis, mais qu'ils ne suffisent pas pour les concrétiser. Pour que cela

¹²⁰ À ce sujet, Galafassi et al. (2017) ont étudié l'apprentissage associé aux concessions, non pas avec des simulations jouées mais au travers de l'utilisation de toy-models, un autre type d'artefact de simulation pouvant être utilisé de manière participative.

puisse se traduire par des actes, deux autres conditions se sont présentées dans le cas de ce projet. D'une part, une opportunité politique s'est présentée (mise en place du plan d'aménagement, volonté politique de faire participer les « petits pêcheurs artisanaux », présence du rapporteur du PAP-courbine aux ateliers). D'autre part, l'atelier de simulation participative a été suivi de deux jours de discussions, d'arrangements, de négociations, en présence d'acteurs ayant des capacités de négociation et un savoir-faire en matière d'élaboration d'accords collectifs (représentants de syndicats, agents des ministères, facilitateurs professionnels).

7.3. Expérimenter le changement : changer de cadre, changer les modes d'interactions

Les changements qui s'opèrent à une échelle collective ont été principalement étudiés par deux disciplines : les sciences de gestion, qui les étudient dans le cadre de l'entreprise et de l'organisation, et les sciences politiques, dont certains courants mettent l'accent sur les rapports de pouvoir et la constitution des coalitions, tandis que d'autres analysent la circulation et la construction des valeurs au travers des arènes d'actions des acteurs (Ostrom et al. 1994). Le sujet est immense, et il s'agit ici uniquement de clarifier comment la simulation participative aborde le changement. En outre, à l'instar du chapitre précédent, l'effet induit dont il est question dans ce chapitre est un potentiel de changement. Ainsi, sans une opportunité politique, sans une articulation réussie entre le dispositif et le territoire, ce potentiel de changement ne peut pas se transformer en acte. Les facteurs à prendre en compte pour réussir l'articulation entre le dispositif et le territoire seront étudiés au Chapitre §8.2.

Dans ce chapitre, je mène une réflexion sur le changement, sur les différentes formes de changements liées aux boucles d'apprentissage, et les différents types de changements institutionnels. Puis j'étudie au travers d'un cas d'étude la façon dont les participants à une simulation participative expérimentent ces différentes formes de changements potentiels. J'en retire des enseignements liés aux temporalités de la production de ces potentiels de changements au travers de la pratique de la simulation participative. En conclusion de ce chapitre, j'examinerai le concept de changement transformationnel et les enjeux qui en découlent.

7.3.1. Le changement selon les trois boucles d'apprentissage

Pour une première approche de la notion de changement, il paraît judicieux de repartir de la conceptualisation des boucles d'apprentissage proposée par Argyris et Schön (1996). Ces auteurs conçoivent différents niveaux d'apprentissage qui s'inscrivent dans l'action. L'apprentissage étant analysé comme un processus permettant de corriger ou rectifier le fonctionnement d'une

organisation, les auteurs parlent de boucles d'apprentissage susceptibles de produire des changements sur l'organisation. Ces boucles s'imbriquent les unes dans les autres.

- Simple boucle (changement de type ajustement) : changement des pratiques pour parvenir à atteindre un objectif, sans modifier les théories d'action qui servent à produire les actes.
- Double boucle (changement de type réforme) : changement des règles et des valeurs qui régissent les pratiques. Dans le champ de la gestion, cette boucle correspond à un changement de l'organisation (remise en cause des théories d'action). Dans le champ des politiques publiques, elle correspond à un changement du mode de gouvernance.
- Triple boucle (changement de type transformation) : changement des normes sociétales et des structures de gouvernance (les structures qui permettent de décider la gouvernance). Dans le champ de la philosophie des sciences, cette boucle correspond à un changement de paradigme¹²¹.

Avant de poursuivre, notons que les articles scientifiques se réfèrent souvent à Argyris et Schön (1996) pour parler de ces trois boucles d'apprentissage ; or, en pratique, Argyris et Schön ne parlent que des deux premières boucles d'apprentissage. Tosey et al. (2012) ont étudié la littérature se référant à cette troisième boucle et ont pu faire remonter son origine à l'ouvrage de Swieringa et Wierdsma (1992), qui fait référence à un changement des principes fondateurs de l'organisation, ce qui correspond à un changement de paradigme¹²².

Argyris et Schön ne conçoivent un changement efficace et durable que dans l'apprentissage en double boucle (et par conséquent en triple boucle). Dans la pratique de la simulation participative appliquée à l'accompagnement de l'action collective, l'artefact de simulation est souvent utilisé pour viser un apprentissage en double boucle. C'est cet apprentissage qui est analysé dans les trois chapitres qui suivent. L'apprentissage en triple boucle sera discuté dans le chapitre conclusif de cette partie.

7.3.2. L'action collective : une forme de changement institutionnel

Van de Ven et Hargrave identifient quatre formes de changements institutionnels (Van de Ven et Hargrave 2004, Hargrave et Van de Ven 2006).

¹²¹ Un paradigme correspond à « l'ensemble des croyances, de valeurs reconnues et de techniques qui sont communes aux membres d'un groupe donné » (Kuhn 1962).

¹²² En outre, Tosey et al. (2012) nous mettent en garde sur de possibles confusions de sens quant à cette troisième boucle, car ils identifient dans la littérature deux autres façons d'utiliser le terme. D'une part, certains auteurs emploient le terme pour se référer à la production de nouvelles structures et stratégies d'apprentissage (*learning about learning*). D'autres auteurs utilisent le terme de « troisième boucle d'apprentissage » pour se référer en fait au « troisième niveau d'apprentissage » proposé par Bateson en 1973, un autre auteur influant sur cette thématique.

La Figure 35 fait ressortir l'action collective comme une forme de changement institutionnel opéré par un ou plusieurs groupes d'acteurs, qui vise la double boucle d'apprentissage de Argyris et Schön, à savoir le changement des règles et des valeurs de l'institution. En outre, les auteurs identifient trois composantes essentielles à l'action collective : le conflit, le pouvoir et les stratégies et tactiques politiques. « *Le conflit est le mécanisme de génération du changement, le pouvoir est la condition nécessaire pour l'expression du conflit et les stratégies et tactiques constituent les moyens par lesquels les différentes parties prenantes s'engagent dans le conflit* » (Autissier et al. 2014). Enfin, Van de Ven insiste sur le fait que ces différents modèles de changement ne doivent pas être opposés ; le changement s'opère à différents niveaux, individuel et collectif, adaptatif et réformiste.

	Reproduction ou diffusion des formes institutionnelles	Construction de nouvelles formes institutionnelles
Changement opéré par plusieurs acteurs ou groupes d'acteurs	Diffusion institutionnelle	Action collective
Changement opéré par l'engagement d'un acteur unique	Adaptation institutionnelle	Design institutionnel

Figure 35 : Typologie des changements institutionnels selon Hargrave et Van de Ven (adaptée de Autissier et al. (2014))

Lorsqu'elle est conduite dans une optique d'accompagnement de l'action collective, la simulation participative constitue un espace « sécurisé », où les participants peuvent expérimenter l'action collective sans que leurs actes ne portent pleinement à conséquence. Les conflits durant ces temps de simulation sont des moments marquants pour les participants afin d'appréhender les changements ; l'expérimentation de stratégies et de tactiques peut être le vecteur d'apprentissages politiques pour chacun des participants.

7.3.3. Les stratégies des joueurs pour expérimenter l'action collective

À présent que la nature et les ressorts de l'action collective ont été clarifiés, on peut se poser les questions suivantes : quelles sont les stratégies mises en place par les participants à une simulation participative pour expérimenter l'action collective ? Quels types de tactiques expérimentent-ils ? Et par conséquent, quelles sont les compétences qu'ils développent durant le jeu en termes d'action collective et qu'ils pourront potentiellement mettre en pratique dans les arènes d'actions du territoire ?

Les travaux de thèse d'Alice Lapijover apportent des éléments de réponse à cette question (Lapijover 2018). Elle a analysé les comportements stratégiques de participants à des sessions de simulation participative sur un grand nombre de cas (seize ateliers réalisés avec trois dispositifs différents – GPMax, MarePolis et FiShcope – ayant rassemblé 83 participants en tout). Pour étudier et classifier les

comportements stratégiques, elle s'est appuyée sur la classification des comportements stratégiques d'acteurs appliquée à la gestion des réseaux complexes et développée par Kickert et al. (1997a). Puis, sur la base de ses observations et évaluations des sessions de jeu, elle a associé les comportements observés des joueurs durant le jeu à différents registres de stratégies (Figure 36).

Catégorie	Stratégies
Argumentation pour trouver des accords négociés	Les joueurs s'appuient sur leurs connaissances propres
	Les joueurs font référence à l'intérêt général
	Les joueurs s'appuient sur les ressources disponibles pour trouver un accord négocié
	Les joueurs cherchent à réduire l'incertitude pour trouver des accords acceptables et transparents
Convergence entre joueurs pour parvenir à un accord partagé	Les joueurs s'associent pour défendre un point de vue commun
	Les joueurs font évoluer une proposition initiale pour faire adhérer d'autres acteurs
	Les joueurs cherchent à éviter un point conflictuel
	Les joueurs font évoluer leur propre rôle
	Les joueurs font évoluer le rôle d'un autre participant
Remise en cause du cadre d'interactions pour le faire évoluer	Les joueurs remettent en cause les règles du système d'interactions
	Les joueurs interviennent sur la composition du groupe de participants
	Les joueurs créent de nouvelles règles
	Les joueurs questionnent les objectifs collectifs recherchés

Figure 36 : Les différentes stratégies des participants à une simulation participative pour expérimenter l'action collective (adapté de Lapijover 2018)

Ces résultats font ressortir trois grandes catégories de stratégies développées par les joueurs. D'une part, l'expérimentation de l'action collective passe par l'argumentation et le débat. Les joueurs convoquent l'intérêt général, s'appuient sur les ressources à leur disposition pour discriminer les options et parvenir à se mettre d'accord. D'autre part, les joueurs tentent de faire converger leurs points de vue, soit en opérant des recadrages, soit en apportant des amendements à une proposition initiale, ou bien encore en évitant les points conflictuels. Enfin, pour tendre vers l'action collective, les joueurs remettent en cause le cadre d'interactions qui est proposé par le jeu, et dans certains cas, le font évoluer en modifiant les règles, voire en changeant l'objectif du jeu.

On retrouve dans cette troisième catégorie de stratégies (faire évoluer le cadre) l'idée d'élaborer de nouvelles formes institutionnelles et d'apprentissage en double boucle. Les comportements observés laissent entrevoir une volonté de bouleverser l'ordre des choses en proposant des mesures qui affecteront plus durablement le cadre et les interactions au sein de celui-ci (Lapijover 2018). En outre, Alice Lapijover montre que les stratégies et les échanges entre les participants au sujet des évolutions possibles du cadre d'interactions (réformer le système) sont plus présents durant le temps du débriefing que durant celui de la simulation. Ce résultat confirme l'importance du débriefing, un temps privilégié pour permettre aux participants de réfléchir aux changements à opérer sur le système d'interactions. Toutefois, les différents types d'acteurs ne sont pas tous égaux dans leur capacité à

faire évoluer le cadre. Alice Lapijover compare les stratégies développées par des scientifiques, par des pêcheurs et par des gestionnaires. Il en ressort que les gestionnaires sont ceux qui développent le plus de stratégies visant à remettre en cause le cadre. La capacité des gestionnaires à faire évoluer le cadre d'interactions semble trouver sa source dans le questionnement régulier des objectifs de l'action qu'ils déploient dans leur cadre professionnel.

Comment ces stratégies déployées dans le cadre du jeu peuvent-elles être des vecteurs de changement ? Selon Crozier et Friedberg, « *Tout apprentissage requiert rupture, tout changement véritable signifie crise pour ceux qui le vivent* » (Crozier et Friedberg 1977). Comme étudié au Chapitre §7.1.3, les effets d'apprentissage dans le cadre de la simulation participative relèvent de différentes dimensions : politique, relationnelle, collaborative et cognitive. Expérimenter des stratégies dans le cadre du jeu est le moyen par lequel les participants acquièrent des compétences en matière d'action collective, compétences qui se déclinent selon les quatre dimensions d'apprentissage préalablement citées. Ainsi, les stratégies étudiées à la Figure 36 peuvent être interprétées comme des processus d'apprentissage qui participent au changement (Lapijover 2018).

7.3.4. Les temps du changement dans la pratique de la simulation participative

Bien que l'analyse du design des dispositifs ne sera traitée qu'au Chapitre §8, il est préférable pour la fluidité du propos d'aborder dès à présent le design des différents temps des ateliers de simulation participative permettant d'opérer le changement.

Le cadre du jeu est bien entendu un environnement favorable pour expérimenter le changement (dimensions de frivolité, de second degré et de décision, Chapitre §3.1). Mais pour pouvoir l'expérimenter, les participants à une simulation participative ont bien souvent besoin dans un premier temps d'appréhender le système tel qu'il fonctionne actuellement¹²³. Autrement dit, et pour paraphraser les auteurs du *systems thinking*, avant de changer il faut observer le système et en comprendre les mécanismes sous-jacents (Sweeney 2018).

En pratique, lors d'un atelier de simulation participative, les temps où les participants peuvent se poser, observer et réfléchir et les temps où les changements s'opèrent dans le jeu ont tendance à s'entremêler. Une partie des changements opérés est intuitée ; or, les participants n'ont pas tous la même capacité à observer, déduire et agir dans l'instant. C'est pourquoi il est important, dans la conception de l'atelier, de réfléchir aux temps du changement. Quatre temps peuvent être distingués

¹²³ À ce sujet, Juliette Rouchier remarque que les enfants ont une capacité à changer les règles et à réorganiser les objectifs dans un jeu beaucoup plus développée que les adultes : « *les adultes cherchent davantage à gagner de façon individuelle, alors que les enfants transforment leur objectif au cours du jeu (ce qui est le plus grand succès) : ils sont heureux ensemble quand la pollution est éliminée, plus encore que d'avoir un ou deux points de bien-être de plus.* » (Rouchier 2018).

pour opérer le changement (ou le potentiel de changement) dans la pratique simulation participative. Rappelons, que le potentiel de changement, vu ici comme un processus réflexif sur les changements à opérer, est intimement lié au débriefing.

- À la fin de la simulation : une conception standard est d'opérer le changement à la fin du temps de simulation, lors du débriefing. Les participants peuvent alors prendre le temps de revenir sur le fonctionnement du système auquel ils ont joué et de proposer des changements. Bien souvent, dans l'expression des participants, cela prend la forme de ce qu'il faudrait « améliorer dans le jeu ». Derrière ces remarques, il faut parfois y voir plus une proposition de comment opérer un changement dans le système réel qu'une critique du jeu.
- Entre deux parties : une autre façon de procéder consiste à réaliser plusieurs parties de jeu durant l'atelier. Les participants peuvent expérimenter un premier fonctionnement du système, puis débriefer et proposer des changements, avant de faire une deuxième partie pour expérimenter les changements du système (voir les jeux Djolibois et ReHab discutés au Chapitre §6.3.2).
- Durant la partie : quel que soit le design, les participants opèrent des changements durant la partie (cf. supra). Dans certaines situations, il peut être pertinent d'organiser la façon dont ce changement s'opère durant la partie¹²⁴. Dans LittoSIM par exemple, le changement est suggéré par un opérateur extérieur ; ces suggestions sont émises à l'adresse de chacune des équipes de joueurs de manière symétrique. Dans la démarche de simulation multi-agents interactive développée par Christophe Le Page, le changement peut s'opérer à chaque fois qu'un fait nouveau apparaît durant la simulation : « *Dès qu'un fait nouveau survient dans la fenêtre de visualisation, les réactions de l'audience sont recueillies pour construire une compréhension partagée de sa signification, puis la règle et/ou les paramètres du cycle de vie associés sont introduits et discutés.* » (Le Page et al. 2015, Le Page 2017)
- Après l'atelier : enfin, le potentiel de changement peut s'exprimer après l'atelier, alors que le participant est confronté dans l'exercice de son activité à une situation qui ressemble à une autre vécue durant le jeu. Il peut alors remobiliser son expérience de jeu pour imaginer de nouvelles façons d'interagir avec le système d'interactions réel auquel il est confronté dans son activité. Pour appréhender ce potentiel de changement après l'atelier, certains réalisent des entretiens à froid (quelques jours, semaines ou mois après l'atelier) dans le but d'évaluer si le jeu a produit des effets. Une autre façon d'aborder ces entretiens à froid est de les conduire sous la forme d'un débriefing à froid. Le but n'est pas alors d'évaluer mais de conduire un entretien réflexif avec le (ou les)

¹²⁴ Cela peut par exemple être pertinent dans le cas où il existe de fortes asymétries de pouvoir ou lorsque la capacité à opérer le changement est très hétérogène parmi les participants.

participant(s) pour explorer comment ils pourraient remobiliser les expériences vécues dans le jeu pour opérer des changements dans leurs pratiques au quotidien.

Les deux chapitres précédents, ainsi que ce chapitre, ont permis d'examiner la façon dont le potentiel de changement est produit dans le cadre de l'exercice de la simulation participative. Comme indiqué par Van de Ven et Hargrave (2004), la diffusion et/ou la construction de nouvelles formes institutionnelles s'opèrent aussi bien dans l'action collective que dans les changements opérés par un acteur unique. Il est important de ne pas confondre action collective et bénéfices collectifs. Autrement dit, ce n'est pas parce que les participants sont engagés dans le cadre du jeu dans un processus d'action collective qu'ils vont produire un potentiel de changement qui soit en faveur de l'intérêt commun. Aussi, comme indiqué à plusieurs reprises précédemment, l'usage de la simulation participative appliquée à l'accompagnement au changement implique de clarifier la posture des porteurs de projet vis-à-vis des asymétries de pouvoir et de capacité à agir ou à changer (Chapitres §6.2.3 et §5.4.2).

7.3.5. Le changement transformationnel

L'apport conceptuel de Swieringa et Wierdsma (1992) au sujet d'un apprentissage en triple boucle, qui vise à changer les principes fondateurs de l'organisation, trouve à notre époque un écho particulièrement puissant. Parallèlement à l'adaptation aux changements climatiques s'adjoint depuis plusieurs années la question de la transition, une transition sous toutes ces formes, portée par des acteurs venant des différentes sphères de la société : acteurs politiques, acteurs associatifs, mais aussi acteurs venant du domaine de la recherche. Cette transition appelle à un changement de paradigme, de nos normes sociétales et de la structure de nos systèmes de gouvernance.

Les initiatives dans les domaines associés à la pratique de la simulation participative sont nombreuses et louables. Quelques-unes ont été citées dans cet ouvrage, par exemple la diffusion du jeu TerriStories auprès d'un large public pour permettre aux acteurs locaux de penser le territoire autrement (d'Aquino 2016), ou le jeu Pollution-Solutions à destination des enfants pour leur permettre d'acquérir les compétences nécessaires à la construction du bien commun (Rouchier 2018). Dernièrement, dans le domaine de la modélisation participative, Anne van Bruggen contribue à poser les bases de l'usage de la modélisation participative pour susciter le changement transformationnel (van Bruggen 2017, van Bruggen et al. 2019).

Avec cette nouvelle dimension du changement, à la fois portée et appelée par l'urgence de la transition, la question de l'éthique de nos démarches participatives n'a jamais été aussi importante. Le panorama dressé au Chapitre §4.2 sur les usages du jeu sérieux en est un exemple. Les *persuasive*

games existent dans les détournements du jeu depuis 2003. Les *persuasive systems* leur ont emboîté le pas peu après. Et depuis 2008, les *nudges* nous apprennent sans nous le dire à adopter les bons comportements (Thaler et Sunstein 2008). La transition semble s'accompagner de la persuasion à large échelle.

8. Analyse du design : du dispositif à son déploiement sur le territoire

Dans un article de 2010, David Crookall propose une liste de "*key elements for a game to achieve its learning objectives*". Il liste ainsi différents ingrédients, comme l'engagement, la confiance, le bon équilibre entre la simplicité et le réalisme de l'artefact ou encore la formation des facilitateurs et la qualité du débriefing. Il s'appuie pour cela sur une vingtaine d'années d'expérience en tant qu'éditeur de la revue *Simulation & Gaming*, durant lesquelles il a lu les recherches en cours sur les pratiques du domaine. Une partie de ces recherches portent sur l'évaluation du design, c'est-à-dire l'identification des éléments de design qui permettent d'atteindre les objectifs d'apprentissage.

Les recherches menées sur la simulation participative relèvent également en partie de cette recherche sur le design. La démarche scientifique est proche de celle que l'on peut trouver en sciences de gestion, qui se présente à la fois comme une science de la conception et une ingénierie de l'organisation sociale, et où il s'agit de designer un processus social pour l'amener à un but donné (Desmazes 2019). Dans le cas de la simulation participative, et a fortiori de ses domaines d'applications, cette recherche expérimentale suit le raisonnement inductif suivant.

- Tester différentes configurations de dispositif, parfois en utilisant un même artefact pour lequel on teste différents arrangements, et parfois en utilisant des artefacts différents mais comparables.
- Comparer les résultats en termes d'apprentissage induit auprès des participants, ou comparer les effets d'apprentissage par rapport à d'autres effets induits.
- En tirer des conclusions sur l'effet de telle ou telle configuration et concevoir à l'avenir des dispositifs qui tiennent compte de ces conclusions.

Ce type de recherche a par exemple été mis en œuvre autour de la question du réalisme des jeux (Chapitre §8.1.2), ou encore des technologies utilisées dans le jeu (Chapitre §8.1.4), de l'utilisation ou non de l'informatique dans les jeux, de l'effet de la communication sur la gestion des communs dans un jeu (Powers et Boyle 1983, Le Page et al. 2014, 2016), des asymétries de pouvoir préexistantes entre les participants à un jeu (Barnaud et al. 2010b). Bien d'autres éléments de design ont été examinés sous l'angle de leurs effets sur le jeu et les participants.

La première partie de ce chapitre explore l'effet de différentes configurations de design de l'artefact. Dans la deuxième partie, il s'agira d'examiner les éléments de design du processus (ou design du déploiement de l'artefact sur le terrain) à prendre en compte pour favoriser son articulation avec le territoire.

8.1. Évaluation du design de l'artefact

Avant d'évaluer le design de l'artefact, il est important d'identifier les éléments qui le structurent. Le Chapitre §6.3 a présenté la structure d'une simulation participative. Il a permis d'examiner la structure de l'environnement d'interactions ainsi que les mécaniques de jeu dont le concepteur dispose pour implémenter le système de règles dans l'artefact. Mais ces deux niveaux de conception ne sont habituellement pas ce qui intéresse l'évaluation du design du dispositif. Il s'agit souvent plutôt d'évaluer un niveau de conception intermédiaire, qui est la configuration du jeu. Est-ce que le jeu comporte plusieurs rôles ou non, quels types de communication entre joueurs permet-il ? Aussi, avant d'exposer différentes évaluations du design de l'artefact, il est nécessaire de mieux entrevoir les différentes configurations possibles de l'artefact de simulation.

8.1.1. Les différentes configurations de l'artefact de simulation

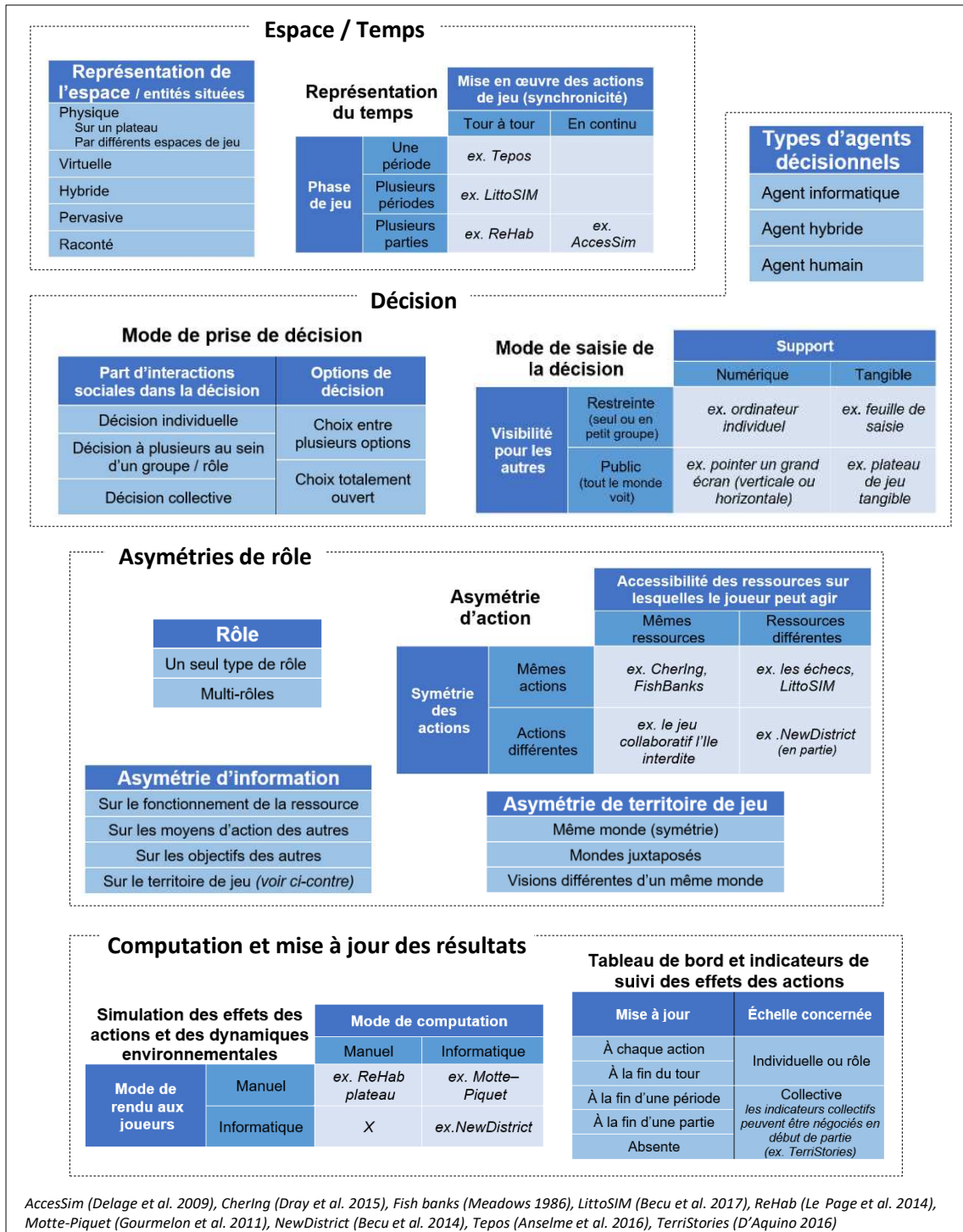
La Figure 37 synthétise les différents éléments de configuration de l'artefact de simulation participative pour lesquels on trouve différentes modalités dans la pratique. Ce panorama a été élaboré à partir de la revue de la littérature réalisée tout au long des chapitres de cet ouvrage.

Les différentes configurations recensées et leurs modalités portent sur les interactions que les participants ont avec l'artefact et avec les autres participants. La Figure 37 permet de distinguer quatre domaines de spécifications des interactions des participants avec le dispositif.

- Le mode d'interaction avec l'espace et le temps ;
- Les modalités de prise de décision ;
- L'asymétrie des rôles proposés aux participants ;
- Les modalités d'évaluation par les participants des résultats de leurs actions.

Cette synthèse est une première version de ce qui pourrait devenir par la suite un inventaire plus large, ou une classification des configurations de simulation participative.

Le chapitre qui suit, examine les répercussions en termes de design et d'effets de quelques-unes de ces modalités. Des éléments de design relevant de chacun des domaines mentionnés ci-dessus sont étudiés l'un après l'autre : l'espace et son réalisme, le mode de prise de décision, les asymétries de rôles et l'effet des technologies sur l'ergonomie des dispositifs.



2009). La question est donc de savoir comment le modèle, l'artefact de la simulation participative, convoque la réalité et la donne à voir aux joueurs.

Cette reformulation de la question du réalisme appelle une analyse en trois temps. Tout d'abord, il convient de s'interroger la forme sous laquelle la réalité est représentée dans le modèle. Comme certaines formes de représentation sont étroitement liées à des territoires particuliers, la deuxième partie examinera le caractère générique de ces représentations de la réalité. Étant donné qu'une représentation de la réalité est fonction de celui qui l'a formulée, la dernière partie s'intéressera au mode d'intégration des connaissances utilisé pour produire ces représentations.

8.1.2.1. [Niveau de réalisme du modèle](#)

Le niveau de réalisme du modèle de simulation utilisé dans un dispositif de simulation participative est une question qui a intéressé de nombreux auteurs (Ulrich 1997a, Crookall 2010, Dormans 2011, Banos et Sanders 2013, Medema et al. 2016, Amalric et al. 2017, Gourmelon 2017, Le Page 2017, Ritschard et al. 2018). Certains estiment que pour une démarche de *systems thinking*, un certain degré de réalisme est nécessaire pour permettre aux participants de développer leur compréhension du système d'interactions représenté (Medema et al. 2016). D'autres estiment, à l'inverse, que dans une optique d'accompagnement à l'exploration de scénarios novateurs, les modèles spatialement explicites et réalistes ne sont pas adaptés, car ils imposent des limites spatiales et cognitives qui empêchent les participants de penser de manière multifonctionnelle (Barnaud et al. 2012). Enfin, certains s'interrogent sur l'adéquation de différents types de représentations spatiales en fonction du public (Gourmelon 2017, Ritschard et al. 2018).

L'aspect délicat de cette question tient à ce que la notion de réalisme est polysémique et qu'elle convoque le problème de la subjectivité de l'observateur. Pour rappel, la simulation participative se positionne et s'est construite sur une approche constructiviste qui part du principe que la réalité est socialement construite (voir section H du lexique). Cela amène Klabbers à poser la question de l'observabilité (Klabbers 2009b, p. 184) : quels sont les éléments de jeu qui sont mis à disposition pour observer le réel ? Cette question va servir de fil conducteur pour la suite de l'analyse.

La conceptualisation proposée par Banos et Sanders, constitue une entrée géographique intéressante pour aborder la question du niveau de réalisme¹²⁵. Plus précisément ces auteurs ont proposé une

¹²⁵ Le niveau de réalisme a été examiné par bien d'autres auteurs, comme par exemple Ulrich. Ce dernier l'aborde par la question du type de modèle utilisé et de leur niveau d'abstraction en même temps que la question du type de données utilisées (Ulrich 1997a). Il propose de distinguer quatre catégories de modèles, notamment les « highly abstracted models » qui se différencient d'artefacts correspondant au type data-driven. Parmi ces derniers, il distingue les « qualitative models »

interprétation des crédos KISS et KIDS utilisés en modélisation. KISS et KIDS¹²⁶ sont deux positionnements différents par rapport à un degré de simplification/réalisme dans la pratique de la modélisation. KISS propose de construire des modèles simples, composés de peu d'éléments, mais capables de reproduire la complexité du monde observé par ses propriétés émergentes. KIDS invite à conserver une approche explicative et de tâcher de rendre toute partie d'un modèle isomorphe (similaire de structure) aux phénomènes que l'on cherche à modéliser. Banos et Sanders (2013) proposent donc de situer les approches KISS et KIDS dans une représentation en forme de fer à cheval, composée de deux dimensions : « reproduction d'un fait stylisé/particulier » et « élaboration du modèle KISS/KIDS ». Delay reprend à son compte cette représentation et la décrit dans un espace à deux dimensions : « stylisé (concept-driven) / data-driven » et « simple / descriptif » (Delay 2015). La suite de cette réflexion sur le niveau de réalisme s'appuie sur cette représentation. La question qu'il convient alors de se poser est : « est-ce que les participants peuvent projeter leur représentation de la réalité dans l'artefact qui leur est proposé ? ».

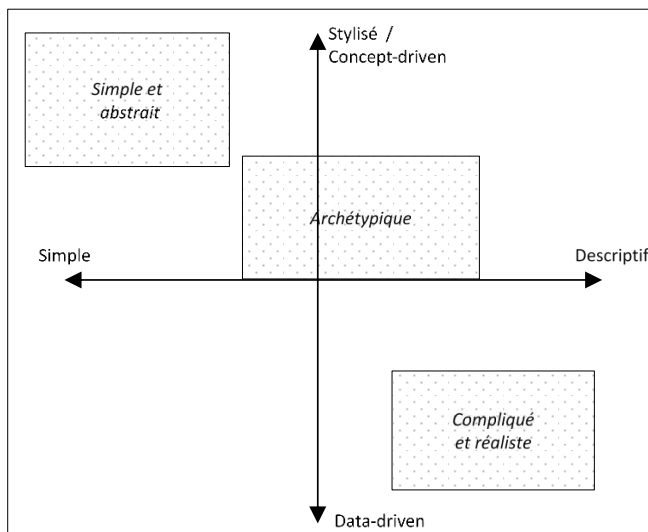


Figure 38 : Trois types d'artefacts en fonction du degré de réalisme

La Figure 38 propose de spécifier le niveau d'abstraction en fonction des deux axes. Les modèles dits « abstraits » sont des modèles stylisés comportant souvent un nombre réduit de mécanismes. Les modèles dits « réalistes » (les guillemets sont utilisés car le réalisme est subjectif) visent à décrire les phénomènes observés en s'appuyant sur un grand nombre de données, ce qui conduit souvent à

des « scientifically based quantitative models », mais cette distinction ne me semble pas pertinente pour traiter de la question du réalisme des artefacts.

De son côté, Le Page (2017) propose d'aborder cette question selon trois niveaux de proximité entre l'espace simulé et un paysage réel : aucun, lorsque le monde simulé est imaginaire ; intermédiaire, lorsque la référence au territoire est implicite ; lorsque cette référence est explicite.

¹²⁶ Les deux credos KISS (Keep It Simple, Stupid) et KIDS (Keep It Descriptives, Stupid) ont fait couler beaucoup d'encre dans le domaine de la modélisation, et en particulier en modélisation multi-agents. À ce sujet, Le Page développe une troisième proposition, KILT (Keep It a Learning Tool), qui est particulièrement intéressante pour la modélisation participative, mais qui ne sera pas développée ici (Le Page 2017, Le Page et Perrotton 2017).

inclure un grand nombre de mécanismes dans l'artefact. Bien entendu, entre ces deux extrêmes, on trouve une multitude de configurations, notamment les modèles archétypiques (à distinguer d'un archétype, qui est un modèle hypothétique idéal). Dans un modèle archétypique, la représentation est stylisée et cherche à décrire des situations que l'on peut retrouver sur différents sites. La conception consiste à intégrer des propriétés ou des caractéristiques marquantes des systèmes socio-environnementaux étudiés, mais sans recourir à des détails spécifiques (Le Page et al. 2010). Cela passe par exemple par l'intégration de structures et d'organisations spatiales spécifiques à une région, par exemple les proportions des strates de végétation typiques d'une forêt méditerranéenne dans le cas du jeu SylvoPast (Etienne 2003), ou le ratio entre cultures à haut rendement et cultures vivrières typiques des bassins versants du nord de la Thaïlande (Becu et al. 2003b).

La question de l'observabilité posée par Klabbers peut être traitée du point de vue des répercussions que ces trois types de modèles ont sur le design de l'artefact. Dans un artefact simple et abstrait, il est important que le peu d'éléments mis à disposition des participants puissent parler au plus grand nombre, soit parce qu'ils font partie de la culture générale ou de l'imaginaire collectif (par exemple « la ressource » et « le récoltant » dans le jeu ReHab), soit parce qu'ils sont dotés de repères, d'équipements au sens de Vinck, qui parlent aux différents mondes sociaux en présence. Plus un artefact tend vers une représentation descriptive, plus il va devoir intégrer différentes façons de l'observer, de l'évaluer, de le comprendre. Cela peut conduire à des artefacts pour lesquels il n'est plus possible de saisir l'ensemble des enjeux par le fait d'y jouer. L'appui de la simulation informatique va alors être requis pour permettre aux participants de l'explorer. En outre, plus un artefact tend à intégrer les données observées d'un cas d'étude, plus il va être observable uniquement pour les personnes qui comprennent ces données et savent les interpréter. Dans le cas d'un artefact « compliqué et réaliste », il sera alors important de doter les participants des clés de lecture pour comprendre les mécanismes du jeu. Cela peut conduire à des artefacts pour lesquels seuls les experts de ces données sont capables de l'utiliser (des acteurs locaux qui connaissent leur terrain ou des experts d'un domaine de compétences). Enfin, un artefact archétypique cherche à être observable entre autres par des acteurs locaux provenant de terrains différents. Pour cela l'artefact doit rendre compte de manière explicite des caractéristiques typiques des socio-écosystèmes représentés, afin que les acteurs locaux puissent projeter, de manière implicite, leur réalité dans l'artefact proposé. La représentation spatiale n'est pas forcément l'unique vecteur à privilégier pour rendre compte de ces caractéristiques. En effet, Ritschard et al. (2018) montrent que le rôle d'objet intermédiaire accordé aux représentations spatiales concerne plus la structuration et l'organisation des débats que la décision collective en elle-même. En outre, il est souvent nécessaire de passer par un briefing assez conséquent avec les utilisateurs en début de session. En effet, d'une part il existe un besoin d'expliquer

les concepts et les représentations stylisées utilisés, afin que les utilisateurs puissent reconnaître des éléments de leur territoire dans l'artefact. D'autre part, l'artefact doit être reconnu comme légitime par les participants pour qu'il aient un intérêt à s'en servir (Le Page et al. 2010).

La question du choix du niveau de réalisme est donc importante et a des répercussions sur le design de l'artefact. Selon Crookall (2010), le choix entre simplicité et réalisme dépend des objectifs d'apprentissage visés. Comme montré par Amalric (Amalric et al. 2017), ce choix dépend également de la façon dont on construit le dispositif avec les acteurs locaux. Je propose donc d'étendre la proposition de Crookall, en soutenant que le choix du niveau de réalisme dépend du Design-In-the-Large, ce qui convoque les objectifs de la démarche, mais également son contexte d'application.

8.1.2.2. Générique ou spécifique

Comme vu précédemment, la question du niveau de réalisme de l'artefact convoque celle de sa généralité. Plus un artefact intègre des données et des estimations du réel, plus il sera spécifique à un champ d'expertise, à un type de territoire particulier, et moins il sera générique. La question de l'observabilité décrite plus haut apporte une nuance à cette dichotomie. En effet, un artefact spécifique et observable informe et véhicule des informations au sujet d'un cas spécifique qui sont difficilement transposable à d'autres cas d'études, alors qu'un artefact générique et observable permet de véhiculer des informations de manière générique sur un domaine (Klabbers 2009b). L'artefact archétypique, à l'instar de l'artefact « simple et abstrait », se place dans cette catégorie (Figure 39).

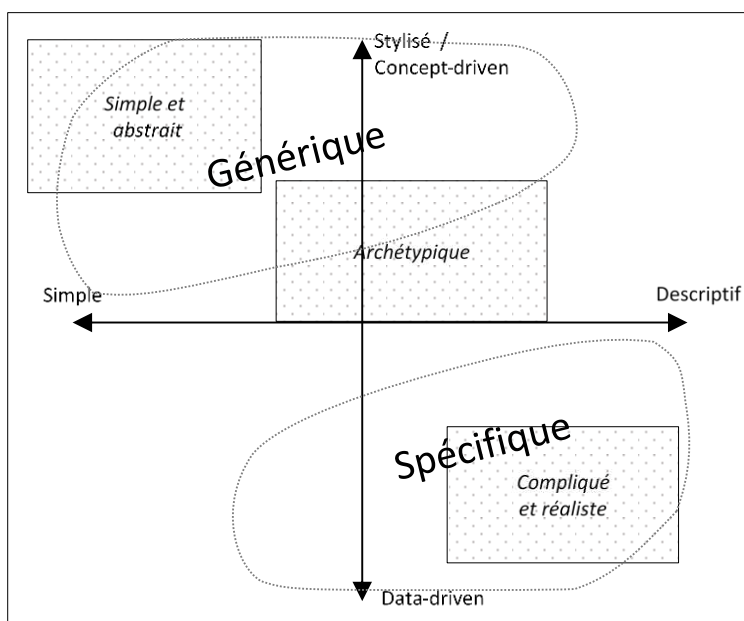


Figure 39 : Généralité et degré de réalisme

À l'instar du niveau de réalisme, la question de savoir si l'artefact construit sera générique ou singulier dépend du Design-In-the-Large. Les auteurs et les expériences s'accordent à dire que la co-construction avec les acteurs locaux tend à élaborer des modèles qui sont spécifiques au territoire considéré (Le Page et al. 2010, Delay 2015, Amalric et al. 2017, Delay et Becu 2017).

La question de la généralité des dispositifs de simulation participative sera abordée à nouveau au Chapitre § 9.2. Le chapitre suivant traite d'une question qui se pose dès que l'on commence à intégrer des connaissances et des estimations du réel dans un artefact ; il s'agit de celle du type de connaissances intégrées.

8.1.2.3. Mode d'intégration des connaissances

Les types de connaissances intégrées dans une simulation participative peuvent être classées en trois catégories : savoir empirique, savoir technique et savoir scientifique (Daré et al. 2009). En modélisation d'accompagnement, on considère que ces trois types de savoirs sont tout aussi légitimes. En termes de design, la question consiste donc à savoir comment sont intégrés ces types de connaissances dans l'artefact. Deux modes d'intégration des connaissances sont examinés dans ce chapitre : l'atelier de co-construction et le rassemblement de connaissances issues de la méthode scientifique¹²⁷.

L'atelier de co-construction se fait en présence des futurs utilisateurs de l'artefact en cours d'élaboration (ou de leurs représentants), des porteurs du projet, et éventuellement de personnes venant apporter leur expertise sur le système étudié. Les futurs utilisateurs (ou leurs représentants) sont porteurs de savoirs empiriques et/ou techniques issus de leur expérience sur le territoire ou sur le système étudié. Les personnes apportant leur expertise sont porteuses de savoirs techniques et/ou scientifiques issus d'observations et d'études réalisées dans des situations comparables au système étudié. L'analyse et le design des processus de co-construction ont été particulièrement étudiés en modélisation d'accompagnement ; le lecteur intéressé pourra se référer à cette littérature (Etienne 2010a). En ce qui concerne le propos développé ici, l'atelier de co-construction est un mode d'intégration des connaissances extrêmement pertinent pour construire un artefact qui soit à la fois observable par ses utilisateurs et légitime. Les utilisateurs (ou leurs représentants) participent à l'élaboration de l'artefact, incorporent leurs connaissances dans l'artefact et s'approprient au fur et à mesure d'éventuelles nouvelles connaissances apportées par d'autres personnes porteuses de savoirs techniques et/ou scientifiques. Comme déjà indiqué auparavant, la co-construction est un processus

¹²⁷ Klabbers distingue le processus de modélisation basé sur l'approche scientifique et le processus de *game design* qui mêle l'approche scientifique et l'interaction avec les acteurs pour décloisonner les classifications disciplinaires et permettre aux acteurs de pouvoir s'observer, se reconnaître par une démarche réflexive (Klabbers 2009b, p.131).

qui peut prendre beaucoup de temps et qui tend vers une spécification de l'artefact par rapport au territoire ou au système étudié.

Le rassemblement de connaissances issues de la méthode scientifique s'appuie sur une démarche plus classique de modélisation intégrée, qui vise à rassembler des connaissances issues de différentes disciplines (les modèles de simulation participative sont systématiquement interdisciplinaires) et à les agencer de manière à modéliser les interactions entre différentes composantes du socio-écosystème étudié. Les connaissances sont issues du savoir scientifique ou de la méthode scientifique. Lorsqu'un artefact intègre des savoirs scientifiques, cela prend souvent la forme d'un modèle scientifique intégré dans l'artefact. Celui-ci peut être plus ou moins sophistiqué, mais il ne constitue jamais l'entièreté du modèle de l'artefact. Il est systématiquement combiné avec d'autres savoirs et d'autres modes d'intégration des connaissances, qui sont inhérents au processus de *game design* (Klabbers 2009b, p. 152)¹²⁸. De fait, la question d'une validation analytique des artefacts utilisés ne se pose pas vraiment, mais elle demeure par contre tout à fait importante pour les modèles scientifiques intégrés dans l'artefact de simulation participative. En outre, lors du rassemblement de connaissances, et à l'exception du cas des artefacts « simples et abstraits », les porteurs du projet vont être systématiquement confrontés à la question de l'observabilité de leur artefact par ses futurs utilisateurs. Pour y répondre, ils vont soit procéder par des ateliers de co-construction, soit mener des enquêtes de terrain et s'appuyer sur les méthodes qualitatives et les méthodes d'élicitation des connaissances pour identifier, formaliser et analyser les savoirs empiriques et/ou techniques portés par des acteurs locaux ou des experts (Becu et al. 2003a, Becu 2006, Le Page et al. 2010).

L'examen de ces deux modes d'intégration des connaissances utilisés dans la pratique de la simulation participative montre que les artefacts élaborés font systématiquement appel à un moment donné à d'autres savoirs que le savoir scientifique. Pour cela, les concepteurs procèdent par des ateliers de co-construction ou par des analyses qualitatives qui leur permettent de traduire les perceptions des acteurs du système étudié. En pratique, les concepteurs mêlent souvent ces deux procédés.

8.1.3. Effet du mode de prise de décision

Ce chapitre interroge la façon dont les décisions sont prises par les joueurs, et comment cela influence les résultats du dispositif. La réflexion s'appuie sur une étude réalisée par Fedoseev (2016).

¹²⁸ Le même type de constat est fait par les développeurs de jeux sérieux éducatifs qui arguent que le développement d'un jeu sérieux allie forcément des bases théoriques du domaine étudié et des connaissances empiriques issues de différents experts consultés au cours du processus de développement (Wilson et al. 2016). Ces auteurs mentionnent également que dans le cadre de jeux sérieux, les contraintes techniques et de design ainsi que les demandes spécifiques des commanditaires sont souvent d'autres éléments qui entrent en compte dans les choix de développement.

Cet auteur a comparé les résultats de différentes configurations d'un même jeu, tantôt dans un format *computer-based*¹²⁹, tantôt dans un format *computer-assisted* et tantôt dans un format où il n'y a aucun recours à l'informatique (il nomme ce dernier format, *live-action*). Il constate que lors des simulations réalisées avec la version *computer-based*, le fait qu'un des joueurs doive « entrer » les décisions dans l'ordinateur tend à limiter l'influence que la communication entre les joueurs a sur les décisions prises. Moins de personnes participent à la prise de décision car *in fine*, c'est l'opérateur qui prend la décision seule, devant son interface. Il constate également que lors des simulations avec la version *computer-based*, le processus de décision s'apparente à un choix entre différentes options, alors dans la version *live-action* ou la version *computer-assisted*, les joueurs élaborent leurs décisions en fonction d'une stratégie qu'ils développent assez tôt durant le jeu, au travers de leurs interactions joueur-joueur. *“Nowadays the traditional way of using computer interfaces (either PC or smartphone) implies obvious or “cut and try” user activity: it is easier to test and see the results rather than concentrate on the problem-solving”* (Fedoseev 2016).

Des recherches menées à la frontière entre la psychologie cognitive et l'informatique peuvent permettre d'apporter un éclairage sur les résultats de Fedoseev. Jager et al. (1999) proposent de ranger les types de processus de décision individuelle en quatre catégories : la répétition, l'imitation, la délibération individuelle et la comparaison sociale. Les deux premières catégories sont considérées comme des « processus automatiques » qui requièrent un effort cognitif minimal. Les deux dernières catégories sont considérées comme des « processus raisonnés » qui requièrent un effort cognitif important. Or, selon les auteurs, un individu aura tendance à préférer le processus décisionnel le moins coûteux cognitivement, du moment que l'individu est satisfait de sa situation dans l'état actuel des choses. De même, lorsque l'individu se sent confiant dans son analyse de la situation, il optera pour des processus décisionnels autocentrés comme la répétition ou la délibération individuelle. Ce n'est que lorsqu'il est en situation d'incertitude qu'il fera l'effort cognitif de se tourner vers son entourage social en optant pour l'imitation ou la comparaison sociale.

Ainsi, dans le cas des expérimentations menées par Fedoseev, si dans une simulation de type *computer-based*, les joueurs ne sont pas en difficulté, ils n'ont aucune raison de procéder à une longue délibération collective. De même, si l'interface propose de prendre une décision en fonction d'un nombre de choix limité – limitant ainsi l'incertitude dans laquelle se trouve le décideur – ce dernier ne sera pas incité à réfléchir trop longuement à une stratégie très élaborée pour prendre sa décision.

Les résultats de Fedoseev mis au regard de la psychologie cognitive montrent, qu'au-delà du type d'interaction humain-machine proposé dans un dispositif de jeu et simulation (*computer-controlled*,

¹²⁹ Dans le format *computer-based* mis en œuvre par Fedoseev, plusieurs utilisateurs agissent chacun au travers d'une interface dédiée. Ils interagissent avec la simulation ainsi qu'ensemble par le biais de l'interface informatique.

computer-based, computer-assisted, etc.), c'est la façon dont sont prises les décisions lors de la simulation qui influence les apprentissages expérientiels¹³⁰. Ces résultats indiquent que lorsque les joueurs expérimentent des stratégies élaborées collectivement à l'occasion d'échanges nourris, sujets à compromis et à réorganisation, le débriefing sera d'autant plus riche et l'apprentissage en sera plus important. Comme indiqué au Chapitre §7.1, l'apprentissage touche différentes dimensions (relationnelle, cognitive, etc.) et les configurations de jeu qui viennent d'être étudiées sont susceptibles d'affecter différemment chacune de ces dimensions d'apprentissage.

8.1.4. Effet des asymétries de rôles

L'asymétrie des rôles est un élément de configuration de la simulation participative couramment utilisé dans les démarches de modélisation d'accompagnement. L'application de la démarche auprès de collectifs hétérogènes d'acteurs en est la principale raison. L'objectif d'intégrer différents types de rôles dans la simulation est double : d'une part, il s'agit de reproduire dans le jeu le système d'interactions sociales observé dans la réalité ; d'autre part, accentuer le processus de décentration pour renforcer les apprentissages relationnels et collaboratifs (connaissance et prise en compte du point de vue de l'autre et des interdépendances entre acteurs). La décentration peut être produite par une inversion des rôles dans le jeu (l'utilisateur joue le rôle du gestionnaire et inversement), ou par d'autres éléments du cadre de jeu, par exemple la présence d'équipements, au sens de Vinck, présents sur l'artefact de simulation et qui renvoient à des perceptions spécifiques d'un acteur mais sont visibles par tous (afficher à la fois sur le plateau de jeu commun les parcelles forestières exploitées par les agriculteurs et les massifs forestiers gérés par l'ONF (Etienne et Le Page 2002)). Lorsqu'il y a inversion de rôles, la décentration procède par le fait que le joueur se met dans la situation de l'autre. Lorsque chacun joue son propre rôle, il est important que la simulation apporte quelque chose de plus aux joueurs que ce qu'ils connaissent déjà dans la réalité. Dans une optique de *systems thinking*, ces éléments en plus sont l'appréhension de la complexité du système d'interactions. Si ce que donne à voir le jeu est déjà connu par les participants et que ces derniers jouent leur propre rôle, le dispositif présente peu d'intérêt pour les participants et son intention risque d'être mal comprise (Gourmelon 2017). L'intérêt pour les participants vient donc soit de l'inversion des rôles, soit de l'appréhension d'une complexité du système nouvelle pour eux, soit de la dimension *free-play* du dispositif qui permet de tester de nouvelles règles d'interactions, ou bien encore d'une combinaison de ces différents éléments de design.

¹³⁰ Ce rapport de cause à effet entre le processus de décision opéré durant le jeu et les apprentissages induits par le jeu est également établi par d'autres auteurs, comme Elise Lavoué, qui indique à propos des Social Learning Games : « We think that decision-making is the main component that makes the link between the two aspects of SLG [...] which are the learning community and the learning game by itself » (Lavoué 2012).

Comme mentionné par Medema et Mayer, l'asymétrie des rôles permet une meilleure compréhension des intérêts et attentes des parties prenantes ainsi que des jeux de pouvoir (Medema et al. 2016). Pour évaluer cet effet, j'ai eu l'occasion de développer et de déployer le dispositif NewDistrict, dont le design permet de tester différentes dimensions de l'asymétrie des rôles. NewDistrict est la première simulation participative à implémenter le concept d'habitus que j'ai intégré à la plateforme Cormas entre 2012 et 2014, parallèlement au développement de NewDistrict. Le concept d'habitus permet d'étendre la notion de point de vue intégrée à Cormas depuis ses débuts, en y ajoutant la possibilité de spécifier différents éléments de configuration des rôles du jeu (Becu et al. 2016b). Outre la spécification des points de vue, le modélisateur peut également définir des accès spécifiques à certaines informations et à certaines actions de jeu. Ainsi, pour un rôle donné, le modélisateur définit un ou plusieurs points de vue (l'utilisateur peut basculer d'un point de vue à l'autre lorsqu'il y en a plusieurs), des objectifs particuliers, l'accès à certaines informations et un ensemble d'actions possibles (Becu et al. 2014b). Dans le cas de NewDistrict, cinq rôles différents sont définis ainsi : le maire, l'entrepreneur en bâtiment, l'écologiste, le forestier et l'exploitant agricole (Figure 22, page 87). La possibilité de déporter les interfaces de jeu sur plusieurs ordinateurs (Becu et al. 2013, 2016c) permet d'espacer les espaces de jeu, chaque rôle ayant alors un espace de jeu et une interface de jeu dédiés (Figure 40).

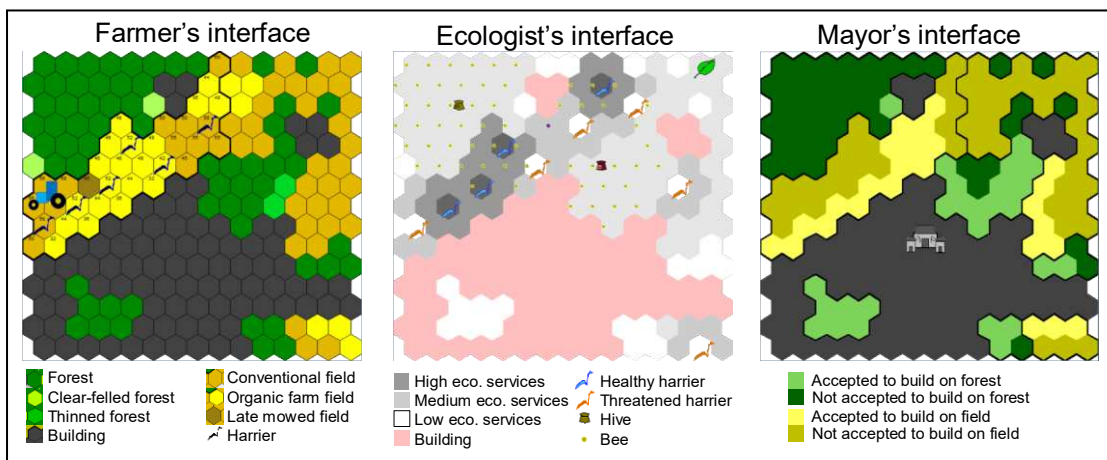


Figure 40: Vues spécifiques du territoire simulé, correspondant à trois des rôles de NewDistrict (source : Becu et al. 2014b)

Une ou plusieurs personnes peuvent être associées à chaque rôle. Dans le cas de NewDistrict, le jeu se joue généralement à 14 personnes, avec deux ou trois personnes par rôle suivant la complexité de celui-ci (Figure 41).

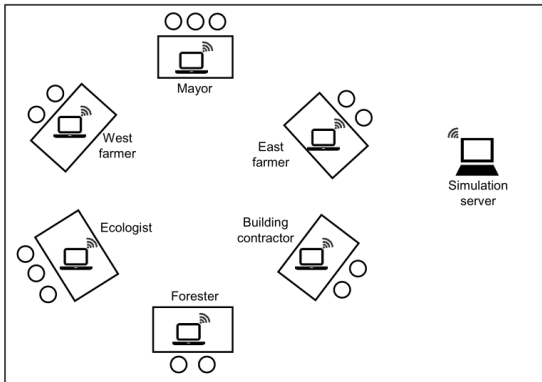


Figure 41 : Disposition des espaces de jeu dans NewDistrict (source : Becu et al. 2015b)

L'intérêt du design de NewDistrict est qu'il implémente une asymétrie de rôles dans la plupart de ses dimensions (Tableau 3).

	Fish Banks	L'île Interdite	Motte Piquet	ReHab	ButoStar	Djolibois (dispositif haptique)	NewDistrict (dispositif informatisé)
	(Meadows et Meadows 1993)	(Leacock 2010)	(Gourmelon et al. 2011)	(Le Page et al. 2016)	(Mathevet et al. 2008)	(Gazull et al. 2010)	(Becu et al. 2014b)
Objectif	S	S	A	A	A	A	A
Asymétrie des actions	S	A	A	A	A	A	A
Asymétrie des ressources sur lesquelles le rôle agit	S	S	S (A en partie)	S (A en partie)	A (S en partie)	A (S en partie)	A (S en partie)
Asymétrie d'informations	S	S	S	A	A	A	A
Asymétrie de territoire de jeu	S	S	S	S	S	A	A
S = Symétrie entre participants ; A = Asymétrie entre participants							

Tableau 3 : Les dimensions de l'asymétrie de rôles et les exemples de dispositifs qui les implémentent (adapté de Becu et al. 2014b).

Au cours de la simulation NewDistrict, les participants apprennent à reconnaître les éléments de biodiversité impliqués dans les processus de périurbanisation, et à interagir entre eux pour prendre en compte ces éléments. L'évaluation des apprentissages menée sur la base d'une douzaine d'ateliers réalisés auprès de professionnels (Becu et al., 2015b) a permis de montrer que cette asymétrie multidimensionnelle a fortement accentué les apprentissages relationnels (adaptation des comportements en fonction des attentes et des points de vue des autres) et, dans une moindre mesure, les apprentissages collaboratifs (compréhension des interdépendances et des capacités d'action des autres). Comparativement à d'autres dispositifs qui traitent également d'enjeux de biodiversité mais dont les dimensions de l'asymétrie sont différentes (Motte Piquet ou ButorStar), la part des apprentissages cognitifs par rapport aux apprentissages relationnels est moindre. Ainsi, dans le jeu ButorStar, les apprentissages relationnels sont tout autant mentionnés par les participants que les apprentissages cognitifs au sujet des dynamiques environnementales (Mathevet et al. 2008). Dans

le cas de NewDistrict en revanche, les participants mentionnent majoritairement les apprentissages au sujet des autres et sur la façon d'échanger, de communiquer et de négocier avec les autres. Ces résultats tendent à démontrer que, lorsque l'asymétrie entre les rôles augmente, l'apprentissage s'axe sur les compétences relationnelles et politiques plutôt que sur les connaissances cognitives du socio-écosystème étudié. Toutefois, ces éléments de résultats souffrent d'un manque de standardisation des protocoles d'évaluation des effets d'apprentissage. En effet, les classifications d'apprentissage utilisées ainsi que les protocoles de récolte de données dans ces différentes études diffèrent (voir le Chapitre §9.1 sur la standardisation des protocoles d'évaluation).

Il n'en reste pas moins que ce type de résultats reste particulièrement précieux pour la pratique de la simulation participative, car il permet aux concepteurs d'orienter leurs choix de développement en fonction des objectifs d'apprentissage recherchés.

Un autre effet de l'asymétrie des rôles dans le dispositif est que les apprentissages peuvent varier en fonction du rôle joué par les participants. Ainsi, dans le jeu NewDistrict, le rôle d'exploitant en agriculture biologique est celui pour lequel les apprentissages au sujet de la biodiversité et des services écosystémiques sont les plus importants, tandis que le rôle d'entrepreneur en bâtiment est celui qui en apprend le moins sur ce sujet.

Enfin, j'ai eu l'occasion d'explorer l'effet d'un autre aspect de l'asymétrie au travers du dispositif LittoSIM, qui porte sur les stratégies de prévention du risque de submersion. Il s'agit cette fois de distribuer de manière asymétrique les façons d'interagir avec la simulation dans différents espaces de jeu (Becu et al. 2016a). Concrètement, un premier espace de jeu permet la réalisation d'actions et la gestion au quotidien des mesures de prévention du risque de submersion par les participants. Pour définir cet espace, les participants opèrent sur des tablettes informatiques leur donnant accès à différents instruments de gestion. Un deuxième espace de jeu permet quant à lui d'avoir un retour de la simulation par rapport aux actions entreprises (hauteur d'eau du territoire submergé). Pour ce faire, les participants se déplacent dans un autre espace de jeu (situé dans la même pièce), défini par une table d'affichage numérique sur laquelle les participants observent le phénomène de submersion se produire et évaluent les effets sur leur territoire. L'évaluation de l'effet de cette autre forme d'asymétrie dans la simulation (Becu et al. 2016b, Becu et Rulier 2018) montre qu'elle participe à structurer les dynamiques de groupes lors de l'atelier, ainsi qu'à rythmer les types d'apprentissage en imposant des temps, des lieux et des vues sur le territoire qui sont tantôt individuels et tantôt collectifs. Les temps, espaces et vues individuels tendent à accentuer l'apprentissage sur les connaissances du fonctionnement du système et les instruments de gestion. En revanche, les temps, espaces et vues collectifs accentuent l'apprentissage sur les interdépendances, la façon de se coordonner et de prendre des décisions collectivement (Becu et al. 2019b).

8.1.5. Effet de l'usage de l'informatique dans un dispositif de simulation participative

Les travaux présentés au Chapitre §5.3.1.3 montraient qu'une faible ergonomie du dispositif de simulation nuit à l'expérience vécue par les participants et peut constituer un obstacle à l'apprentissage. Le baromètre des outils (voir Figure 25) montrait que la simulation informatique était beaucoup moins ergonomique qu'un jeu sans informatique ou assisté par ordinateur. Le degré d'informatisation d'un dispositif de simulation participative apparaît donc comme un élément important à prendre en compte pour parvenir à l'intention participative du dispositif.

Le présent chapitre examine dans un premier temps l'ergonomie des dispositifs informatisés, puis l'incidence que l'usage de l'informatique a sur un projet de conception et de déploiement d'une simulation participative.

8.1.5.1. Ergonomie des dispositifs de jeu : interfaces informatiques et éléments de jeu matériels

La faible ergonomie des dispositifs de jeu informatisé relevée au Chapitre §5.3.1.3 recoupe plusieurs aspects. Il s'agit d'une part de l'accessibilité de l'environnement informatique, d'autre part de la souplesse d'utilisation du matériel de jeu et, enfin, de l'effet captif des interfaces informatiques. Ce chapitre les étudie l'un après l'autre.

a) Accessibilité de l'environnement informatique

L'environnement informatique en tant que médium (écran muni d'un dispositif de pointage) n'est pas reçu de manière équivalente par toutes les personnes. Certaines personnes sont plus à l'aise dans le maniement des interfaces informatiques que d'autres. Cela peut représenter un frein pour jouer avec certains publics, soit parce qu'ils ne sont pas du tout habitués aux écrans, tels des individus Hmong dans le nord de la Thaïlande (Becu et al. 2008, 2010b), soit parce qu'ils ne sont pas familiers avec l'outil informatique, par exemple des riverains âgés de la rivière du Grand Morin en Seine-et-Marne (Diallo 2013). De même, on observe dans le jeu LittoSIM, qui comporte des équipes de plusieurs personnes, chacune étant dotée d'une tablette informatique, que souvent, la personne la plus à l'aise avec l'informatique va se charger des manipulations sur la tablette. Dans ce cas, les joueurs ne sont pas pénalisés par rapport aux autres équipes ; on peut toutefois s'interroger sur la répartition des rôles au sein de l'équipe. Françoise Gourmelon, qui a testé différents types d'artefact de simulation (du jeu de plateau à la simulation 3D en passant par la simulation informatique 2D plus classique) auprès de différents types de publics (scientifiques, gestionnaires et techniciens, élus locaux et scolaires), note des appropriations différenciées (Gourmelon 2017). Les jeunes comme les acteurs locaux s'approprient très bien la simulation 3D, tandis que les gestionnaires la considèrent comme un gadget. Elle note également une appropriation différenciée de la simulation informatique 2D. Les scientifiques

et les gestionnaires s'approprient cette dernière plus facilement, du fait qu'ils ont l'habitude de travailler avec ces outils dans leur activité professionnelle ; à l'inverse, les scolaires et les élus locaux trouvent cet outil trop technique et insuffisamment engageant comparativement à un jeu haptique.

b) Souplesse d'utilisation et liberté d'action

La souplesse d'utilisation des éléments de jeu représente un aspect important. Elle permet une certaine aisance dans les manipulations à effectuer. Elle cherche à garantir une liberté d'action, qui ne doit pas être entachée de problèmes de compréhension des interfaces ou de difficultés techniques. Les éléments de jeux matériels possèdent en la matière un très net avantage par rapport aux interfaces informatiques, en raison de leur nature même d'objet tangible, que l'on peut toucher, saisir, manipuler dans l'ordre que l'on veut, et avec une spontanéité que Richard Duke identifie comme un élément primordial de sa définition du gaming/simulation en tant que mode de communication capable d'appréhender le « gestalt » (Duke 1974). Dans un jeu informatisé, la manipulation passe par une interface construite par quelqu'un d'autre, dont l'utilisateur peut ne pas comprendre facilement la logique. À l'inverse, il existe une souplesse d'utilisation des pions et des autres pièces tangibles du jeu qu'on ne retrouve pas avec les interfaces informatiques (Abrami et al. 2016). L'utilisateur peut se saisir du pion, le toucher, l'examiner dans sa globalité, alors que dans l'interface informatique il y a toujours quelque chose de caché, symboliquement parlant, que l'utilisateur ne peut pas saisir. En outre, les pièces de jeu peuvent servir plus facilement de médium de communication entre les joueurs. Ces derniers peuvent désigner un pion ou un espace du plateau de jeu pour informer les autres joueurs d'une situation ou signaler leur intention. Il est possible de permettre ce type de mécanismes de pointage et de communication avec une interface informatique, du moment que l'interface est visible de tous, par exemple en utilisant une surface de projection à l'horizontale. De même, il existe une immédiateté d'action avec le pion, ce qui n'est pas toujours le cas avec l'informatique, notamment lorsque de nombreux calculs sont réalisés après l'action d'un joueur. Enfin, l'interface informatique est développée en fonction des mécaniques de jeu qui ont été prévues. Si un joueur veut réaliser une opération qui n'a pas été codée à l'avance, n'ayant pas été anticipée, il aura des difficultés à la faire par lui-même. Il s'en référera a priori à l'animateur du jeu, ou, comme l'immédiateté de l'action n'est pas possible, il renoncera à réaliser cette opération. Les éléments de jeux matériels ne présentent pas un tel obstacle pour les joueurs. Les joueurs peuvent se saisir d'une pièce de jeu et détourner son usage, lui faire faire quelque chose qui n'a pas été prévu. Ils peuvent créer de nouveaux mécanismes de jeu de manière spontanée, par exemple cacher de la fausse monnaie, substituer ou ajouter des pièces de jeu, gêner l'accès de certains joueurs à des ressources du jeu par des obstacles physiques ; autant de possibilités de détournement des mécaniques de jeu qu'il est difficile de reproduire avec l'informatisation des jeux.

Dans le cadre de la plateforme informatique Cormas, la plateforme multi-agents de modélisation et simulation participative de référence (Le Page et al. 2012), les développeurs de la plateforme dont je fais partie, s'intéressent de près à cette question de la souplesse d'utilisation des éléments de jeu et de la maniabilité des mécaniques de jeu (Becu et al. 2016b, Bommel et al. 2018b). Depuis plusieurs années, nous avons intégré dans la plateforme des outils relativement ergonomiques pour déplacer et manipuler les pièces de jeu virtuelles (Bommel et al. 2015). Avec plusieurs autres praticiens, nous nous intéressons à présent à la conception de plateaux hybrides qui permettraient aux joueurs de manipuler physiquement les pièces de jeu, mais où la computation de l'effet de leurs actions serait informatique. En ce qui concerne la maniabilité des mécaniques de jeu, la question revient, du point de vue de la modélisation, à réaliser « *un couplage plus fort entre le modèle conceptuel et le modèle de simulation avec des outils permettant de manipuler les deux en leur sein* » (Le Page 2017). Deux pistes ont été explorées pour cela. D'une part, Pierre Bommel a intégré dans la plateforme des outils qui permettent de modifier (assez facilement et rapidement) durant la partie, la spécification informatique des mécanismes d'interactions (Bommel et al. 2014). Ces outils sont à la portée d'un animateur du jeu, mais plus difficilement à celle d'un joueur. D'autre part, Christophe Le Page a exploré le procédé consistant à spécifier progressivement, avec les participants, les mécanismes d'interactions, et ce durant le déroulement d'une simulation (Le Page et al. 2015).

c) [Effet captif](#)

Le Chapitre §4.4 a montré comment les jeux sérieux s'appuient sur différents ressorts pour favoriser l'engagement des participants et prolonger l'expérience d'apprentissage : l'esthétisme graphique et l'ambiance sonore ; la fluidité de l'ergonomie, nécessaire à un haut degré d'incorporation de l'interface par le joueur, lui permettant ainsi un oubli de soi et du monde extérieur ; la narration qui entretient le suspense et donne envie de poursuivre ; le juste niveau de difficulté et de mise à défi qui entretient la concentration et la motivation du joueur (théorie du flow).

À ces ressorts propres aux jeux vient s'ajouter l'effet captif que produit une interface informatique sur son utilisateur, que ce soit celle d'un jeu ou de manière générale, et qui peut être plus ou moins fort suivant les personnes (Frau-Meigs 2011). Les chercheurs dans le domaine attribuent cet effet captif à deux aspects de l'interface informatique. D'une part, l'écran en lui-même, « *contribue à la mobilisation de notre attention autour de l'écran. ... [il] constitue paradoxalement un "cadre-limite" qui contraint notre perception visuelle [et] crée une forme d'immobilisation de notre regard, un centrément qui explique le fait que nous ayons l'impression d'être absorbés, voire hypnotisés par l'écran* » (Seux 2014). D'autre part, l'interface informatique a cette particularité de juxtaposer différents types d'informations visuelles - « *l'écran est une interface qui contient d'autres interfaces* » (Seux 2014), ce qui a tendance à accaparer notre attention : « *Il fonctionne alors comme un dispositif de capture : nous*

sommes absorbés, captivés par la lumière, les écrits, les images ... » (Seux 2014). De fait, dans un jeu informatisé, où le *game design* fait appel autant à des interactions humain-machine qu'à des interactions sociales, l'interface informatique a tendance à trop accaparer l'attention des participants au détriment des échanges directs entre les personnes.

d) [Éviter l'excès de technicité pour profiter des capacités de calcul](#)

Cet examen de la question de l'ergonomie des interfaces informatique a permis de montrer les obstacles qu'elle peut constituer aux formes d'interactions et de communication qui font partie intégrante de l'expérience de jeu (Duke 1974, Brougère 2010). Pour la configuration de jeux informatisés (jeu assisté par ordinateur, jeu basé sur ordinateur, ou autres formes de configurations hybrides), il est donc primordial d'éviter l'excès de technicité et de soigner l'ergonomie des interfaces, en pensant notamment aux temps de calcul, à la clarté des interfaces et à leur maniabilité (Becu et Rulier 2018).

Lorsque les contraintes liées à son utilisation parviennent à être levées, les dispositifs du jeu informatisé peuvent constituer des outils intéressants, autant pour susciter la réflexion des participants sur le fonctionnement du système représenté que pour explorer des futurs possibles. En effet, comparativement à un jeu non-informatisé, le jeu informatisé comporte quatre grands avantages. D'une part, l'utilisation de l'informatique permet de réaliser des calculs importants et utiles durant le jeu pour rendre compte de phénomènes physiques complexes ou pour simuler des actions de jeu automatiques par exemple. Cette capacité de calcul peut également être utilisée en fin de partie, pour explorer des trajectoires d'évolution, comme dans le jeu FisHcope (Berry et al. 2019a). D'autre part, l'utilisation d'interfaces informatiques peut permettre de représenter une importante quantité d'informations, mais surtout sous différentes formes, ce qui est particulièrement utile lorsque l'on veut rendre compte de différents points de vue (cf. Chapitre §8.1.4). Enfin, l'utilisation de l'informatique permet de réduire le temps de mise à jour automatique de l'environnement de simulation entre deux tours de jeu ; avec un plateau et des pièces de jeu, la mise à jour se fait alors à la main et peut prendre plusieurs minutes (Bommel et al. 2018a). Cela permet dans certains cas de réduire le nombre de personnes nécessaire pour animer le jeu. C'est par exemple le cas avec les jeux Motte-Piquet et Djolibois (Gourmelon et al. 2010a, Keledjian et Riou 2017) qui peuvent être animés par une seule personne, grâce une interface informatique ergonomique de saisie des actions des joueurs, alors que les versions initiales de ces jeux nécessitaient trois personnes ou plus pour les animer.

8.1.5.2. [Incidences de l'usage de l'informatique sur la conception et la mise en œuvre du dispositif](#)

Lorsque les porteurs d'un projet et leurs commanditaires entament un projet de conception puis de déploiement d'un dispositif de simulation participative, une question récurrente qui se pose est celle du choix d'un dispositif de jeu non informatisé ou d'un jeu informatisé (jeu assisté par ordinateur, jeu basé sur ordinateur, ou autres formes de configurations hybrides). Les aspects liés à l'ergonomie sont alors discutés en fonction du public cible, et mis en balance avec la capacité de calcul recherchée. Mais ces aspects ne sont pas les seuls à devoir être pris en compte pour opter pour un type de dispositif ou un autre. En effet, l'usage de l'informatique dans un dispositif a également des incidences sur la mise en œuvre du dispositif durant l'atelier et sur sa conception.

Dans ce chapitre, il s'agit donc d'étudier les difficultés et les facilités de mise en œuvre et de conception des jeux, associées à leur degré d'informatisation. Les incidences de l'usage de l'informatique sont examinées selon trois aspects : les besoins matériels et équipements pour organiser un atelier, les besoins humains lors la conception et lors de la mise en œuvre d'un atelier, et les incidences sur le temps de jeu et le temps de conception. Avant de discuter le cas d'un dispositif informatisé, le paragraphe qui suit présente succinctement le cas du jeu haptique (non informatisé) selon ces trois aspects.

Les jeux sans informatique requièrent peu de matériels techniques. Ils utilisent des plateaux, des pièces de jeu, des cartes, ou d'autres éléments de jeu (voir section E.2 du lexique). Bien que le matériel ne soit pas technique, il peut pour certains jeux être en grand nombre. Les jeux sans informatique nécessitent généralement des moyens humains importants lors de leur mise en œuvre (facilitateurs, assistants, observateurs, etc.). Rares sont les jeux pouvant être animés par une seule personne, et lorsque c'est le cas, l'animateur est soumis à une grande tension. La préparation d'une session de jeu peut être rapide (10 min) ou demander un long temps d'installation (jusqu'à 1h, voire 1h30 d'installation) suivant les éléments de jeu à disposer (plateaux, pièces, cartes, etc.) et la configuration de l'espace de jeu (disposition des tables et chaises et des éléments de séparation des espaces). Une partie, hors débriefing, dure approximativement de 40 minutes pour les jeux les plus rapides à plusieurs heures (2 heures en moyenne)¹³¹.

a) [Incidence sur les besoins matériels pour organiser un atelier](#)

L'informatisation des dispositifs de jeu a une incidence non négligeable sur le matériel technique et informatique requis pour organiser un atelier. Certains dispositifs requièrent des équipements tels

¹³¹ La durée d'un atelier (qui comprend briefing, jeu/simulation, et débriefing) est elle aussi très variable. Certains peuvent être assez rapides (environ 1h30), d'autres durent une demi-journée, voire une journée ou plusieurs jours lorsque l'atelier comprend plusieurs parties de jeu et plusieurs débriefings.

qu'il n'est pas possible de les transporter ; les séances de jeu en présentiel se font alors dans une salle dédiée. C'est par exemple le cas de jeux utilisant des tables interactives dédiées. Cette contrainte de transport ne s'applique pas à des dispositifs informatisés qui se joueraient en ligne, sans présentiel requis (comme indiqué au Chapitre §6, cette configuration d'artefact de simulation n'est pas abordée dans cet ouvrage).

Lorsque le jeu se déroule en présentiel, comme c'est le cas du jeu LittoSIM par exemple, les outils et les équipements informatiques sont tels qu'il est aujourd'hui possible de transporter dans une valise à roulette un kit de jeu comportant plusieurs terminaux informatiques, un vidéoprojecteur, un ordinateur, le tout pour pouvoir organiser des sessions de jeu comportant plusieurs équipes, chacune ayant un poste informatique dédié et différents espaces de projection (Marilleau et al. 2017). Le revers est le temps d'installation (placement, branchement et ouverture des applications) qui croît avec l'abondance de matériels informatiques. Mais si le temps d'installation peut être important, l'initialisation de la simulation est a priori assez immédiate, comparativement à un jeu non-informatisé, où l'initialisation revient à placer le plateau et à disposer l'ensemble des éléments de jeu avant de pouvoir commencer la partie (par exemple dans le cas du jeu de plateau Maritime Spatial Planning (MSP) (Keijser et al. 2018b), l'installation du matériel prend une bonne heure).

b) [Incidence sur les besoins humains \(conception et mise en œuvre\)](#)

En matière de moyens humains, l'informatisation des dispositifs de jeu nécessite lors de leur conception des compétences en informatique, en plus des compétences en *game design* requises pour tout type de dispositif de jeu. Les plateformes informatiques de développement de jeu proposent de plus en plus des interfaces dédiées facilitant le développement ; il n'en reste pas moins que la personne doit savoir se servir de la plateforme - celle de référence dans le domaine étant Cormas (Becu et al. 2016c, Bommel et al. 2018b).

Outre les besoins lors de la conception, les dispositifs de jeu assisté par informatique peuvent également nécessiter la présence d'un opérateur de l'outil informatique lors de la session de jeu elle-même. En effet, suivant l'ergonomie des interfaces et le *game design*, l'entrée des données dans l'ordinateur au cours de la partie peut être opérée par une personne de l'animation dédiée à cette tâche. Ainsi, dans le jeu Djolibois, un « bureau d'enregistrement » est placé à chaque extrémité de l'espace de jeu, comptant pour chacun une personne de l'animation et un ordinateur. Le joueur communique ses décisions à l'opérateur, les quantités de bois coupé au « bureau de la forêt », et les quantités de bois vendu au « bureau de la ville ». L'opérateur entre les données dans le modèle informatique et communique les résultats au joueur avant de passer au joueur suivant (Gazull et al. 2010).

c) [Incidence sur le temps de jeu et le temps de conception](#)

L'informatisation des dispositifs de jeu permet par ailleurs de réduire le temps de mise en œuvre de la simulation, notamment pour les calculs et la mise à jour des données de l'environnement de jeu. Dans bien des cas, les traitements réalisés par l'ordinateur lors des phases de calcul seraient impossibles à réaliser sans informatique. Si les calculs et les mises à jour sont plus rapides, ce n'est pas pour autant que les parties réalisées avec des dispositifs informatisés sont plus courtes. On trouve des dispositifs de jeu informatisés dont les parties durent tout autant que celles des dispositifs non-informatisés (2 à 3 heures en moyenne). On trouve également des dispositifs de jeu où les parties sont très rapides. C'est le cas notamment dans des configurations où plusieurs parties du même jeu sont réalisées lors d'un même atelier : la première partie est plus longue et permet de découvrir le jeu, les suivantes sont plus rapides et ne durent parfois pas plus d'une vingtaine de minutes (Sheeren et al. 2014 - modèle Bestioles, Becu et al. 2015a).

Pour ce qui est du temps de développement, les dispositifs informatisés requièrent a priori davantage de temps de développement que leurs homologues non-informatisés, mais cela reste très variable. Les temps de développement des dispositifs informatisés peuvent aller d'à peine quelques semaines à plus d'un an ; il existe des cas où le temps de développement du dispositif informatisé a nécessité moins de temps qu'un dispositif équivalent non informatisé (Becu 2015a).

Ce chapitre sur les incidences de l'usage de l'informatique dans les dispositifs de simulation participative a permis de mieux cerner en quoi l'environnement informatique pouvait être un frein à l'apprentissage expérientiel et quelles pistes pouvaient permettre de dépasser ces blocages. L'ergonomie et la flexibilité d'utilisation des interfaces informatiques sont deux éléments clés à soigner dans les dispositifs informatisés. L'emploi de l'informatique a également des incidences sur les équipes de développement et de déploiement des dispositifs. Le choix de concevoir un dispositif haptique ou un dispositif informatisé dépendra alors des ressources disponibles, des besoins en termes de calcul, des besoins d'affichage et plus spécifiquement d'affichage asymétrique, et du degré de *free-play* que l'on cherche à intégrer dans le dispositif. Mais les critères pour opérer ce choix vont très certainement évoluer avec les développements technologiques et au fur et à mesure que la frontière entre ces deux formes de dispositif s'estompe. Les développements en cours de plateau de jeux hybrides, qui mélangent manipulation physique et affichage numérique, ont déjà été évoqués plus haut. D'autres formes innovantes d'interaction homme-machine commencent également à être utilisées en simulation participative, comme la possibilité d'interagir à plusieurs sur une même simulation au travers de différents terminaux individuels tels des tablettes ou des smartphones, ou celle d'interagir

collectivement au travers d'une table interactive (Marty et al. 2016). Avec le développement de ces nouvelles formes d'interaction, la façon de penser la place de l'informatique dans les simulations participatives va également être bousculée.

Ce chapitre conclut également l'analyse de l'évaluation du design de l'artefact. Cette analyse aura couvert l'effet de différentes configurations de l'artefact, le réalisme du modèle de représentation, les modes de prise de décision, les asymétries de rôles et l'usage de l'informatique. Bien d'autres éléments de configuration pourraient être évalués, et les recherches sur le design des artefacts vont assurément se poursuivre dans les années à venir, permettant ainsi de mieux comprendre les ressorts de l'apprentissage, de la médiation et de l'accompagnement au changement au travers de ces dispositifs. Le chapitre qui suit va s'intéresser à une autre échelle du design, celle du Design-In-the-Large, qui correspond à la façon dont le dispositif est déployé au sein d'un territoire et à son articulation avec ce dernier.

8.2. Déploiement du dispositif et articulation avec le territoire

Ce chapitre examine les mécanismes qui jouent sur l'articulation entre le déploiement du dispositif et les arènes d'actions du territoire. Comme indiqué au Chapitre §5.2.2, le déploiement d'un dispositif dans un territoire (ou auprès d'arènes d'actions non spécifiques à un territoire) implique la prise en compte de différentes variables contextuelles, liées à l'intégration du dispositif dans le territoire et à son insertion dans les processus décisionnels à l'œuvre. Le dispositif fait référence à l'artefact et à son mode d'application. Ce mode d'application (ou mise en œuvre) consiste la plupart du temps en des ateliers animés par des facilitateurs, et dont la structure a été réfléchi et conçue spécifiquement pour l'artefact et le cas d'application. Dans la suite de ce chapitre, le déploiement d'un dispositif est considéré comme la succession de plusieurs ateliers réalisés dans un territoire. Autrement dit, ce chapitre ne traitera pas du cas particulier du déploiement d'un atelier unique. En outre, l'analyse qui suit ne distingue pas les cas de déploiement de dispositifs ayant été co-construits des cas de déploiement de dispositifs non co-construits. Bien entendu, la dimension co-construite de l'artefact joue sur l'intégration du dispositif dans le territoire (le Chapitre §8.1.2.3 sur les modes d'intégration des connaissances dans l'artefact traite de cette question). Toutefois, la réflexion développée dans ce chapitre se positionne à un niveau plus général, qui n'oblige pas à opérer cette distinction. Dans de futures recherches, il serait intéressant d'examiner précisément l'impact du caractère co-construit des dispositifs sur la réussite de l'intégration dans le territoire.

Pour rappel, la réflexion sur l'articulation entre le déploiement d'un dispositif et le territoire (avec ses arènes d'actions et sa sphère sociale) considère que les effets du processus (et notamment les effets d'apprentissage, de médiation et d'expérimentation du changement étudiés au Chapitre §7) peuvent

avoir des conséquences institutionnelles et sociales, dont l'occurrence dépend du design et de la mise en œuvre du processus, et de fenêtres d'opportunités dépendantes des arènes d'actions du territoire. La Figure 42 ci-dessous est une version actualisée de la Figure 20 présentée au Chapitre §5.2.2. Cette figure schématise la façon dont l'articulation entre le déploiement du dispositif et le territoire est appréhendée dans ce chapitre.

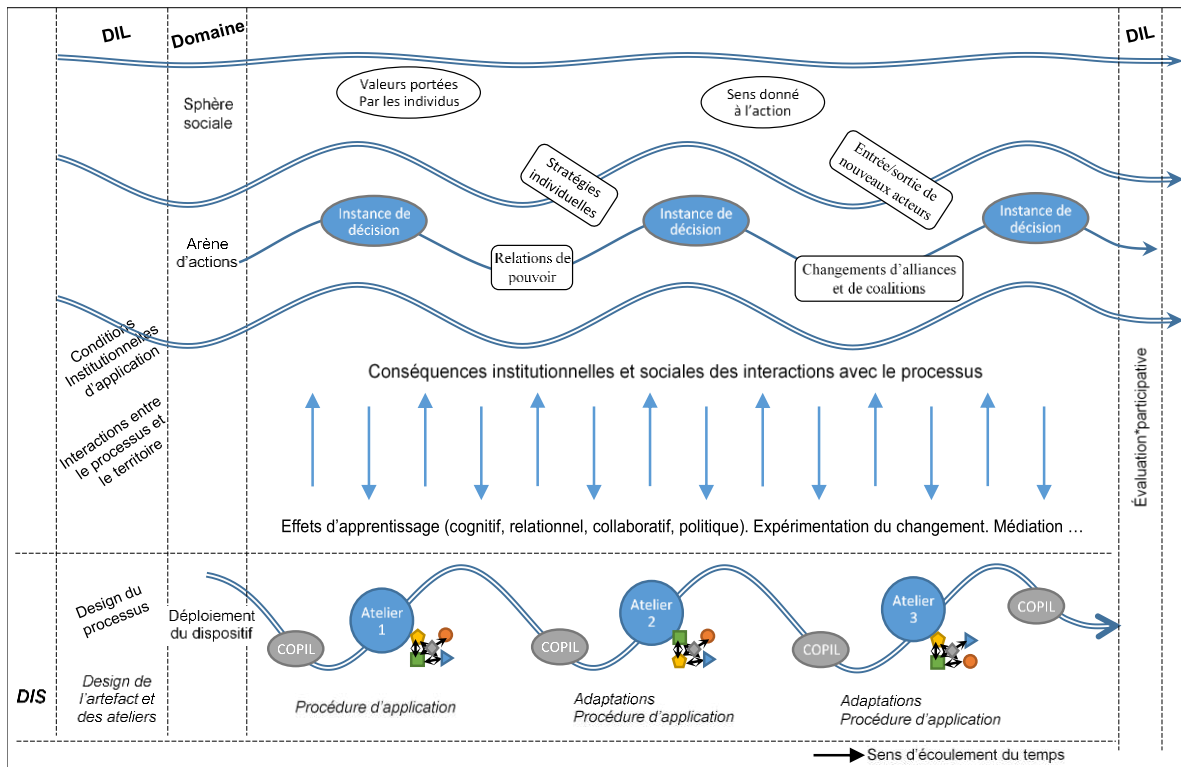


Figure 42 : Articulation entre le déploiement du dispositif de simulation participative et le territoire

Ce chapitre examine l'un après l'autre, les premiers éléments d'une grille d'analyse de l'intégration des dispositifs de simulation participative dans les territoires. La première partie traite du design du processus et identifie les facteurs liés à ce design jouant sur la réussite de l'intégration du dispositif dans le territoire. La deuxième partie examine comment des événements perturbateurs peuvent modifier significativement ou non le processus. La dernière partie étudie les éléments de design qui permettent de renforcer les groupes vulnérables au sein d'arènes d'actions ayant de fortes asymétries de pouvoir. Par la suite, il serait intéressant de poursuivre les recherches pour compléter cette grille d'analyse.

8.2.1. L'intégration du dispositif dans le contexte d'application

À la suite des enseignements tirés au Chapitre §5.4.1 sur l'intégration des processus participatifs et des processus de modélisation d'accompagnement dans les territoires, ainsi que des réflexions menées tout au long des chapitres traitant de la pratique de la simulation participative, j'ai identifié et listé un ensemble de facteurs du Design-In-the-Large jouant sur la réussite de l'intégration d'un

dispositif dans un territoire. Le Tableau 4 présente ces différents facteurs en les regroupant en quatre composantes : historique, partenariat, design du processus et design de l’artefact jouant sur le design du processus.

Facteurs jouant sur l’intégration du dispositif dans le territoire		Composante
Existence de démarches participatives antérieures sur le territoire	H1	Historique
Relations préexistantes entre les porteurs et les acteurs du territoire	H2	
Connaissances initiales par les participants des processus étudiés (connaissances, perceptions, degré d’acceptation)	H3	
Emboitement du partenariat dans les niveaux de gouvernance existants sur le territoire	P1	Partenariat
Accord sur la constitution du partenariat et les critères d’inclusion des partenaires	P2	
Accord sur les objectifs et les attendus du processus, et les procédures de participation	P3	
Accord sur l’intention du dispositif, et son mode de mise en œuvre (cheminement du processus, incertitude sur l’issue du processus)	P4	
Accord sur la flexibilité de la durée du partenariat pour permettre l’adéquation du processus avec les phasages des dynamiques territoriales à l’œuvre	P5	
Accord sur la propriété intellectuelle des données et des résultats	P6	
Accord sur la nature des livrables du processus et la façon dont ils sont remobilisés dans les arènes d’actions	P7	
Possibilité d’officialiser et de publiciser le partenariat	P8	
Mise en place d’un comité de pilotage et production de comptes rendus et de rapports intermédiaires	D1	Design du processus (avant le déploiement des ateliers)
Adéquation des objectifs du processus avec le phasage des processus décisionnels et/ou de développement territorial en cours	D2	
Complémentarité avec les méthodes déjà utilisées sur le territoire	D3	
Prise en compte des relations de pouvoir et des inégalités (posture d’accompagnement, renforcement des groupes vulnérables)	D4	
Accord des participants sur la nature des acquis attendus (mode de production des connaissances, rapport à l’incertitude)	D5	
Appartenance des participants aux différentes arènes d’actions du territoire	D6	
Aspect novateur des outils proposés (image et attractivité)	D7	
Rythme et durée de l’intervention (nombre et fréquence des ateliers et autres événements)	D8	
Équipements de l’artefact permettant de l’adapter au point de vue des acteurs des différents niveaux de gouvernance, arènes d’actions, et/ou mondes sociaux	A1	Design de l’artefact servant le design du processus
Flexibilité des mécanismes de décision de l’artefact (<i>free-play</i> du DIS) permettant aux participants d’expérimenter le changement, d’explorer de nouvelles voies	A2	
Circulation des inscriptions et des artefacts issus du processus dans les arènes d’actions du territoire (et/ou des différents niveaux de gouvernance)	D9	Design du processus (pendant et après le déploiement des ateliers)
Créer des opportunités pour des effets de débordement	D10	
Mise en place de procédures de suivi/évaluation et possibilité de réorienter le processus en fonction des besoins et attentes des participants	D11	
Affirmer la légitimité des résultats produits au regard de leur mode de production participatif	D12	
Évaluation collective finale : réflexivité et identification des acquis	D13	

Tableau 4 : Composantes et facteurs du Design-In-the-Large, pour l’intégration des dispositifs de simulation participative dans les territoires

Les facteurs listés dans le Tableau 4 sont corroborés par d'autres résultats de recherche portant sur la pratique de la simulation participative. Ainsi, dans leur revue de la littérature sur l'apprentissage social, Medema, Mayer et leurs co-auteurs identifient les « éléments clés de l'apprentissage social par les jeux, à prendre en compte » (Medema et al. 2016). Parmi les douze éléments clés qu'ils identifient, neuf corroborent dix des facteurs présents dans le tableau (H1, H2, D1, D4, D5, D6, D8, D9, D11). Aucun des éléments communs n'a trait à la composante Partenariat du Tableau 4. Ainsi, notre analyse semble se distinguer par l'identification de facteurs à prendre en compte pour la mise en place du partenariat avec les acteurs du territoire. Les trois éléments clés de Medema et al., non présents dans le Tableau 4, sont d'une part la disponibilité de ressources, d'équipements et de compétences pour la mise en œuvre logistique des ateliers sur le territoire¹³². D'autre part, les auteurs identifient deux autres éléments liés à la qualité des relations initiales entre les participants, à savoir la reconnaissance d'un objectif partagé et la confiance réciproque entre les participants. Dans ma pratique de la simulation participative, ces deux éléments n'ont pas été des facteurs rédhibitoires pour l'intégration du dispositif dans le territoire. Lorsque la confiance et l'existence d'un objectif partagé étaient absentes, j'ai adapté, en accord avec les co-porteurs des projets concernés, le design du processus, soit dès le départ du projet, comme dans le cas du dispositif PEACAD, avec l'élaboration de trois artefacts distincts prévus dès le départ (Lapijover et al. 2017a, 2018a, Lapijover 2018), soit en cours de projet, comme dans le cas de CathScape-MaeLaNgun, où nous avons scindé le processus en deux après le deuxième atelier (Becu et al. 2008). Ainsi, selon moi, la simulation participative a également sa place dans des contextes où la relation entre les parties prenantes est potentiellement conflictuelle. Il me paraît d'autant plus important de continuer à investiguer la mise en œuvre de ces processus dans de tels contextes que ce type de rapports conflictuels risque d'être de plus en plus fréquent dans les années à venir concernant les questions de transition et d'enjeux environnementaux (cf. Chapitre §9.4.1). Il est en revanche évident que le niveau de confiance et la distance entre les intérêts défendus sont deux éléments jouant sur le niveau de succès potentiel du processus. En outre, la question du rapport de confiance et de l'objectif partagé est également en lien avec les asymétries de pouvoir entre les participants (cf. Chapitre §8.2.3).

Le Tableau 4 présente par ailleurs des facteurs relevant des processus participatifs en général, et d'autres qui sont plus ou moins spécifiques à la simulation participative. Les facteurs pleinement spécifiques à la simulation participative (facteurs D7, A1 et A2) font appel à la nature ou au design de l'artefact. Ce sont des éléments du Design-In-the-Large qui ont des conséquences sur le Design-In-the-Small de l'artefact. D'autres facteurs sont spécifiques quant à eux aux processus participatifs conduits

¹³² Cela s'est confirmé dans le cas de la mise en œuvre de LittoSIM sur le territoire oléronais, où nous avons dû pallier un manque de savoir-faire de la part de nos partenaires locaux pour constituer la liste des participants potentiels, les inviter et les relancer.

de manière adaptative et selon une démarche post-normale (facteurs P4, P5 et D5). Ce type de démarche requiert un accord préalable avec les partenaires locaux sur la posture du projet afin d'éviter les incompréhensions par la suite sur la conduite du processus (souvent les partenaires locaux font partie du comité de pilotage du processus). Il requiert également une clarification auprès des participants aux ateliers, afin qu'il y ait un accord sur les acquis potentiels qu'ils peuvent attendre de leur participation. Cette clarification sur la nature du processus auquel ils prennent part leur permet également d'adapter leur attitude et de s'engager dans le processus. Les autres facteurs du Tableau 4 sont quant à eux communs à une grande partie des démarches participatives que l'on rencontre fréquemment sur les territoires. Ils n'en restent pas moins des facteurs clés pour la réussite de l'intégration du dispositif dans le territoire.

Enfin, le Tableau 4 identifie également un certain nombre de facteurs directement en lien avec l'insertion du dispositif dans les processus décisionnels et les arènes d'actions du territoire. Ces facteurs doivent être pris en compte pour favoriser la percolation des effets du processus dans les arènes d'actions du territoire et son tissu social. Certains de ces facteurs sont relatifs à la façon dont le partenariat est établi avec les structures porteuses locales (P1, P7, P8). D'autres sont liés à des éléments de design du processus décidés en début de projet (D1, D6, D8). D'autres sont liés à des éléments de design de l'artefact et sont relatifs au côté inclusif et flexible de l'artefact (A1, A2). Enfin, l'ensemble des facteurs de design du processus qui s'opèrent pendant ou à la fin du processus (lorsque tous les ateliers de simulation participative ont été réalisés) jouent sur la réussite de l'intégration des résultats du processus dans les arènes d'actions du territoire (D9, D10, D11, D12 et D13).

Le Tableau 4 constitue un outil d'analyse intéressant tant pour évaluer le déploiement des dispositifs que pour élaborer et mettre en œuvre des déploiements sur de nouveaux terrains. Bien entendu, cette liste de facteurs peut être complétée, et certains de ces facteurs demandent à être mieux explicités, mais elle constitue une base de travail intéressante pour tendre vers l'élaboration d'une grille d'analyse partagée de l'usage des simulations participatives sur les territoires. En outre, cette liste de facteurs jouant sur l'intégration des dispositifs dans les territoires est également intéressante du point de vue de la recherche sur le design des artefacts. Il serait intéressant d'affiner les recherches sur l'impact des facteurs A1 et A2 dans l'insertion des résultats du dispositif dans les processus décisionnels du territoire. En effet, dans le cadre des simulations participatives, la question de l'articulation entre le Design-In-the-Large et le Design-In-the-Small reste très ouverte (Klabbers 2009b). À ce titre, il serait intéressant de compléter la liste des facteurs de la composante « design de l'artefact jouant sur le design du processus ».

Un facteur constituant un bon candidat et pour lequel des recherches complémentaires sont requises est le design de l'artefact, permettant de donner à voir aux participants des catégorisations des acteurs et/ou des ressources, différentes de leurs perceptions habituelles. Ce procédé de re-catégorisation a des effets en termes de médiation (cf. Chapitre §7.2). Cependant, il interroge également la façon dont la structure et l'organisation du territoire sont représentées dans l'artefact, tant dans leur dimension spatiale que sociale. Ainsi, dans la conception de l'artefact, il peut arriver que des composantes spatiales du territoire soient omises inconsciemment, car elles ne rentrent pas dans le référentiel des participants au processus de co-construction. Dans d'autres cas, cette omission peut être consciente. Cela a par exemple été le cas dans le processus mené dans le cadre de ma thèse où les agriculteurs de type « entrepreneurs » ont délibérément écarté dans la construction de leur modèle de territoire la catégorie des agriculteurs « aversés au risque » (Becu 2006). La catégorisation a des effets potentiels également sur la dimension *free-play* de l'artefact. Plus les catégories socio-spatiales sont précises, et potentiellement imposées, moins les participants auront la possibilité de réinventer ses catégorisations, et d'imaginer de nouvelles fonctions pour les différents acteurs et composantes du socio-écosystème. À l'inverse, proposer dans l'artefact de nouvelles catégories peut faciliter le caractère créatif de l'artefact. Le procédé de re-catégorisation peut également être un mécanisme permettant de renforcer la position de groupes vulnérables (cf. Chapitre §8.2.3).

8.2.2. Les évènements « perturbateurs » en cours de processus

Comme indiqué plus haut, le design du processus est l'un des facteurs de réussite de l'intégration du dispositif dans le territoire, mais celle-ci dépend également en grande partie de fenêtres d'opportunités qui peuvent s'ouvrir avant, pendant ou après la mise en œuvre du processus. Ces fenêtres d'opportunités sont souvent d'ordre politique et dépendent d'ajustements ou de modifications du jeu politique (amendements, activation/désactivation de certains acteurs, arrangements/réformes) à l'initiative d'acteurs et d'institutions internes et/ou externes au territoire (Kickert et al. 1997b). Un autre facteur affectant la réussite du processus est la survenue d'évènements venant modifier ou perturber le déroulement du processus. C'est ce type de facteurs qui est examiné dans ce chapitre.

Un évènement assez courant dans la mise en œuvre de ces processus est le changement du chargé de mission en charge du suivi du projet au sein de l'une des structures partenaires du processus. Souvent, il s'agit de personnes prenant part au comité de pilotage du processus lors duquel des décisions stratégiques sont prises sur le design du processus et la mise en œuvre des ateliers, intervenant également dans l'organisation des ateliers et la diffusion des informations au sujet du projet. Lors de la comparaison des processus de modélisation d'accompagnement menés auprès de SAGE en France

entre 2009 et 2013, nous avons identifié avec les différents porteurs des projets que dans trois des quatre cas d'application étudiés, il y avait eu un changement de l'animateur du SAGE en cours de processus (Becu 2015a). J'ai pu faire le même constat récemment, dans le cadre d'une comparaison de dispositifs participatifs déployés pour l'accompagnement à l'adaptation des stratégies de défense du littoral (dont fait partie le dispositif LittoSIM). Dans la plupart des cas, il y avait eu un ou plusieurs changements des chargés de mission des collectivités territoriales partenaires participant au comité de pilotage du processus. Les évaluations menées tendent à montrer que l'impact de ces changements sur le processus n'est pas très important. Certes, à chaque fois se produit une perte d'informations, car le relai est rarement fait entre le précédent chargé de mission et son successeur, mais le bon déroulement du processus ne semble pas être affecté par ces changements, si ce n'est qu'ils occasionnent des retards. Toutefois, les évaluations examinées ici ne permettent pas d'évaluer l'impact de ces changements sur la façon dont les effets du dispositif se diffusent au sein des arènes d'actions. Est-ce que la perte d'information et d'engagement d'un chargé de mission à l'autre ne nuit pas à la circulation des résultats des inscriptions de l'artefact au sein des arènes d'actions du territoire ? Cette hypothèse demande encore à être vérifiée.

Un autre type d'évènement dont j'ai récemment eu l'occasion de mesurer l'impact sur le processus est la survenue d'actions anthropiques ou d'aléas, hautement médiatisés, venant modifier l'équilibre des jeux d'acteurs impliqués dans le processus. C'est notamment ce qui s'est passé lors du processus PEACAD, où d'une part des pics d'échouages de cétacés sont survenus lors de la deuxième année du processus. D'autre part, quelques mois plus tard, une ONG environnementale a mené une opération médiatique visant à dénoncer les actions de l'un des groupes d'acteurs prenant part au processus. Ce dernier évènement a eu pour effet de mettre en difficulté le groupe d'acteurs concerné dans le cadre des négociations qui se déroulaient hors et dans le processus. Dans une logique de préservation, ce groupe d'acteurs s'est donc désengagé du processus participatif, poursuivant parallèlement les négociations avec les autres parties prenantes dans le cadre d'un groupe de travail interministériel mis en place à titre exceptionnel suite aux évènements cités ci-dessus (Lapijover 2018). Suite à cela, le processus participatif s'est poursuivi, mais ses objectifs et les enjeux traités ont été totalement revus. D'un point de vue conceptuel, on peut considérer qu'il s'agit alors de deux processus distincts : avant et après les évènements ayant bouleversé l'équilibre des jeux d'acteurs.

Les différentes expériences examinées dans ce chapitre, ont permis d'identifier des conséquences, liées à la survenue d'évènements « perturbateurs » en cours de processus, de différentes natures. Il s'agit soit de conséquences sur les délais de mise en œuvre, soit de conséquences sur les conditions de diffusion et de circulation des informations sur le processus et ses effets au sein des arènes d'actions

du territoire, soit encore de l'arrêt du processus lorsque les conditions de la participation ne sont plus remplies.

Les conditions de la participation peuvent également ne plus être remplies lorsque les asymétries de pouvoir deviennent trop importantes. Pour intervenir dans des contextes où les asymétries de pouvoir sont fortes sans être insurmontables, différents éléments de design du processus peuvent être mis en place ; c'est l'objet du chapitre qui suit.

8.2.3. Éléments de design permettant de renforcer les groupes vulnérables

Le Chapitre §5.4.2 a été l'occasion d'étudier comment les relations de pouvoir étaient prises en compte dans une démarche de modélisation d'accompagnement. Ces enseignements ont permis de préciser quels étaient les deux types de postures adoptées par les porteurs de projets de simulation participative dans le cas de contextes à forte asymétrie de pouvoir : une posture de neutralité conditionnelle et une posture de non-neutralité au nom d'une concertation équitable (cf. Chapitre §6.2.3).

Dans le cas d'une posture de neutralité conditionnelle, les porteurs ne changent pas le design de leur processus et n'interviennent que si les conditions de la participation ne sont plus respectées. Dans le cas d'une posture de non-neutralité, les porteurs adaptent le design du processus en fonction des asymétries de pouvoir. Le Chapitre §5.4.2 a présenté les différents facteurs pris en compte par Barnaud et Van Paassen (2013) pour adapter le design du processus en fonction des asymétries de pouvoir. À la suite des différents travaux étudiés sur la pratique de la simulation participative dans les chapitres précédents, je propose une version actualisée de ces éléments de design (Tableau 5).

Le Tableau 5 présente un design du déploiement d'un dispositif dans lequel l'ordonnancement des ateliers est pensé pour permettre aux groupes vulnérables de se préparer à se confronter par la suite à des groupes d'acteurs ayant plus de pouvoir. Ce tableau liste également différents éléments de design de l'artefact. L'utilisation de simulations participatives asymétriques permet de faire jouer le rôle des groupes vulnérables aux acteurs ayant le plus de pouvoir. La conduite du débriefing sera alors adaptée pour permettre à ces derniers d'exprimer leur ressenti par rapport aux contraintes qu'ils avaient dans le jeu et aux difficultés qu'ils ont pu rencontrer pour défendre les intérêts des rôles vulnérables. Le fait de proposer dans le jeu des catégorisations des groupes sociaux différentes de celles habituellement perçues dans la réalité permet de modifier dans le jeu les rapports entre les différents rôles et d'amorcer des éléments de réflexion à discuter lors du débriefing sur les rapports que les différents acteurs entretiennent entre eux.

Facteurs à prendre en compte pour renforcer les groupes vulnérables		Composante
Identifier et expliciter quels sont les groupes considérés comme vulnérables et devant faire l'objet d'une attention particulière	H4	Historique
Énoncer au lancement du projet les conditions d'une arène favorisant l'équité entre les participants, cette arène pouvant être refusée.	P9	Partenariat
Débuter le processus par des ateliers auprès des groupes vulnérables, puis progressivement inclure dans le processus des groupes plus expérimentés et ayant plus de pouvoir	D14	Design du processus (avant le déploiement des ateliers)
Choix des personnes invitées pour garantir la représentation des groupes vulnérables	D15	
Choix des personnes invitées pour renforcer les groupes vulnérables par la constitution d'alliances avec d'autres groupes d'acteurs	D16	
Mise en évidence des savoirs locaux, des intérêts et des contraintes des groupes vulnérables par la conception d'artefacts spécifiques ou d'artefacts intégrant une asymétrie de rôles (en pratiquant une inversion de rôles)	A3	Design de l'artefact et de l'atelier servant le design du processus
Re-catégoriser les groupes sociaux représentés dans l'artefact, pour renforcer la position des groupes vulnérables	A4	
Conception d'artefacts dont l'ergonomie est adaptée aux groupes vulnérables	A5	
Design des modes de prise de décision et de saisie des décisions dans l'artefact, garantissant la libre décision des groupes vulnérables	A6	
Intégration de rôles pré-formatés joués par un animateur, ou d'évènements de jeu, permettant de renforcer les groupes vulnérables	A7	
Choix de modes d'expression garantissant la libre expression des groupes vulnérables durant l'atelier (tour de table, expression écrite, etc.)	A8	
Changement des conditions d'interactions entre les parties prenantes en cours de processus	D17	Design du processus (pendant)

Tableau 5 : Éléments de design d'une posture de non-neutralité au nom d'une concertation équitable

En effet, les catégorisations peuvent être des leviers pour favoriser les groupes vulnérables lorsqu'elles sont accompagnées de réglementations, de contraintes ou de dispositifs qui tendent vers d'avantage justice (Nachi, 2006). Par exemple, dans le processus ComMod-courbine, le choix a été fait de représenter les petits pêcheurs du banc d'Arguin par les rôles de capitaines et marins-pêcheurs, distincts de ceux d'armateur et de mareyeur, alors que dans la réalité, ces trois fonctions sont souvent regroupées dans une même entreprise, dirigée par un capitaine-armateur-mareyeur (Becu et al. 2016d). Lors du débriefing, les participants soulignent alors que ces rôles ne sont pas de simples catégories, mais bien des classements, des catégories hiérarchisées qui ont une incidence sur la position et le rang occupé dans la société. À l'instar de la re-catégorisation des rôles dans le design de l'artefact, l'introduction de rôles pré-formatés ou celle d'évènements narratifs intervenant dans le cours du jeu peuvent également constituer des moyens permettant au groupe d'animation de mettre en exergue des situations inégalitaires qui apparaissent dans le jeu, et de proposer de les rééquilibrer.

Ce dernier chapitre a permis d'examiner différents éléments et facteurs à prendre en compte dans l'articulation entre le design des dispositifs de simulation participative et les territoires dans lesquels ils sont déployés. Ce chapitre conclut le volet de chapitres consacrés à la pratique de la simulation participative aujourd'hui, à son design, à l'évaluation de ses effets et aux dernières avancées de la recherche dans le domaine. Le chapitre conclusif de cet ouvrage est consacré aux défis des prochaines années pour la recherche dédiée à cette pratique en constante évolution.

9. Les défis de demain

9.1. Comment suivre et évaluer les apprentissages et les capacités/capabilités ?

Les Chapitres §4.3.2 et §7.1 ont examiné les effets d'apprentissage de la pratique du jeu sérieux et de la simulation participative sur les participants. Notre compréhension de ces processus continue d'évoluer au fur et à mesure de l'avancée des recherches sur le sujet. Les travaux en cours, menés notamment par l'Irstea-Montpellier sur l'évaluation des effets de l'usage des jeux en termes de capacités pour les participants, sont extrêmement porteurs et vont certainement amener les praticiens à revoir la façon d'évaluer les dispositifs de simulation participative à l'avenir. Les auteurs étudiés dans les chapitres précédents ont également travaillé sur les protocoles d'évaluation, notamment la mise en place de protocoles standardisés. Dans une pratique de la simulation participative auprès d'acteurs de terrain (dans une intention d'accompagnement de l'action collective), l'une des questions qui se pose à présent est celle de la possible standardisation de protocoles d'évaluation des effets d'apprentissage, d'acquisition de compétences et de capacités.

L'analyse réalisée dans le Chapitre §8.1.4 a montré que pour mener une comparaison rigoureuse de l'effet de différentes configurations d'asymétrie des rôles, il faudrait être en mesure de faire correspondre les méthodes d'évaluation utilisées. Une telle standardisation des protocoles d'évaluation permettrait de pallier les difficultés de comparaison des résultats entre différents dispositifs. De même, cette standardisation pourrait permettre de proposer différents niveaux d'évaluation, examinant avec plus ou moins de détails les apprentissages produits. Cela pourrait être intéressant dans de nombreux cas d'application où le mode de déploiement de dispositifs ne permet pas de mener une évaluation très poussée (ce qui conduit actuellement les porteurs à ne pas évaluer leur dispositif ou à utiliser une méthode d'évaluation ad-hoc ne permettant pas la comparaison). Un protocole d'évaluation simplifié, mais standardisé, pourrait permettre dans ce type de cas de réaliser un suivi/évaluation « au quotidien » des dispositifs, puis, lorsque le temps le permet, de recouper les résultats avec des évaluations plus poussées mais comparables en terme de protocole utilisé. Néanmoins, la mise en place de tels protocoles fait face à plusieurs difficultés. Le protocole doit être suffisamment robuste et standardisé pour permettre de réaliser les comparaisons, tout en étant suffisamment flexible pour pouvoir être adapté aux conditions locales, aux institutions impliquées, aux sujets traités, aux artefacts utilisés et au temps alloué à l'évaluation (Mayer et al. 2014a). Cette problématique de la définition et de l'usage de protocoles d'évaluation pouvant être déployés de manière standardisée sur différents terrains fait l'objet de la thèse de doctorat d'Amélie Monfort, que je codirige et qui a commencé en septembre 2019.

La suite de ce chapitre examine les recherches menées sur les protocoles d'évaluation des apprentissages dans le domaine du *simulation and gaming*, puis celles conduites dans le cadre de l'évaluation des démarches participatives. La dernière partie du chapitre interroge la possibilité de proposer des protocoles d'évaluation de la simulation participative, qui répondent à cette ambition de standardisation.

9.1.1. Protocoles d'évaluation des apprentissages dans le cadre du gaming/simulation

Différentes communautés de pratique au sein du domaine du *simulation and gaming* ont réalisé un travail de recherche sur le développement et la mise en œuvre de protocoles d'évaluation plus ou moins standardisés. Certains se focalisent sur les effets d'apprentissage, d'autres cherchent également à évaluer le contexte d'apprentissage. Certains considèrent essentiellement les effets immédiats et d'autres vont chercher à évaluer les effets à long terme. Ce chapitre présente d'abord les travaux qui permettent de définir le cadre des protocoles d'évaluation, puis il examine quelques travaux qui mettent l'accent sur des aspects particuliers de ces protocoles d'évaluation. La troisième partie présente et étudie le modèle de Kirkpatrick, qui est un protocole d'évaluation des effets des formations professionnelles à court et à moyen/long termes. Avant de conclure ce chapitre, une dernière partie introduit des méthodes d'évaluation originales qui apportent d'autres perspectives sur la conduite des démarches d'évaluation.

9.1.1.1. Cadre général des protocoles d'évaluation et diversité des méthodes

Dans un article de 2014, Igor Mayer et ses collègues repartent de la littérature sur le *game-based learning* pour dresser un inventaire des approches et des méthodes utilisées pour l'évaluation, et proposer un cadre d'utilisation structuré et cohérent de ces différentes méthodes (Mayer et al. 2014a). L'objectif des auteurs est de proposer un cadre générique de la méthodologie d'évaluation des dispositifs de gaming/simulation (qu'ils nomment également et de manière indifférenciée « jeu sérieux »). Pour cela, ils s'appuient sur plusieurs années de pratiques du déploiement et de l'évaluation d'une douzaine de dispositifs (plus de 300 sessions de jeu et 2 500 participants à ces sessions évaluées), au cours desquelles ils ont testé différentes méthodes, ce qui leur a permis d'identifier par la pratique celles qui fonctionnaient le mieux.

La structure générale du protocole d'évaluation qu'ils utilisent est identique à celle que l'on retrouve dans d'autres communautés de pratique, notamment en modélisation d'accompagnement (Perez et al. 2010), à savoir une structure en trois temps : avant – pendant – après. Avant, il s'agit d'évaluer des éléments contextuels préalables et de réaliser une première mesure au regard des objectifs d'apprentissage du dispositif ; pendant, il s'agit d'observer les comportements et de recueillir les

données sur les actions de jeu réalisées par les participants ; après, il s’agit de réaliser une deuxième mesure et d’analyser les résultats avant/après au regard des objectifs d’apprentissage visés et d’éléments contextuels post-processus.

Si cette structure générale (avant/pendant/après) est commune à une grande partie des protocoles d’évaluation, la spécification d’un protocole d’évaluation implique également d’autres aspects qui, eux, diffèrent souvent d’un protocole à l’autre. Ces aspects sont :

- Des éléments d’évaluation liés au type d’intention des dispositifs étudiés (par exemple des éléments liés à l’intention participative des dispositifs, qui sont étudiés au chapitre suivant) ;
- Les questions de recherche auxquelles le protocole cherche à répondre (e.g. quels types d’apprentissages sont produits ?) et le cadre épistémologique dans lequel se place le protocole d’évaluation (e.g. évaluation objective ou constructiviste (Mayer et al. 2013)) ;
- La spécification des instruments et des méthodes de mesure utilisés ;
- Les éléments de recommandations sur la mise en œuvre des méthodes de mesure et du protocole en général.

Concernant la spécification des méthodes de mesure, l’évaluation des dispositifs de gaming/simulation fait très souvent appel à une combinaison de plusieurs méthodes, certaines étant plutôt portées sur des données quantitatives (log des actions jouées, questionnaire fermé, données statistiques sur les participants, etc.) et d’autres plutôt qualitatives (entretiens semi-directifs, observations, focus groups, etc.). Mayer et al. ont identifié différentes méthodes de mesure, permettant chacune d’appréhender un aspect de l’évaluation à une phase donnée du processus (avant, pendant ou après).

How		What?	Pregame	In-game	Postgame
Self-reported	Qual.	Personality, player experiences, context, etc.	Interviews, focus group, logbook.	Logbook, interviews or small assignments as part of the game.	Interviews focus group, after-action review.
	Quant.	Socio-demographic, opinions, motivations, attitudes, engagement, game-quality learning, power, influence, reputation, network centrality, learning satisfaction, etc.	Survey, quest., individual or expert panel	In-game questionnaires	Survey, quest., individual or expert panel
Tested	Qual.	Behavior, skills, etc.	Eg. actor role-play, case-analysis, assessment, mental models.	Game-based behavioral assessment.	Game-based behavioral assessment.
	Quant.	Values, knowledge, attitudes, skills, personality, power.	Psychometric, socio-metric tests: eg. personality, leadership, team roles, IQ.	Game-based behavioral performance analysis.	Game-based behavioral performance analysis.
Observed	Qual.	Behavioral performance of student, professionals, player and/or facilitator, others; decisions, strategies, policies, emotions, conflicts, etc.	Participatory observation, ethnographic methods	Video, audio personal observation, ethnography, maps, figures, drawings, pictures, etc.	Participatory observation, ethnographic methods.
	Quant.	Biophysical–psychological responses, like stress (heart freq., perspiration).	Part. observation, network analysis, Biophysical–psychological observation.	In-game tracking and logging, network analysis, data mining, biometric observation,	In-game log file analysis, network analysis.

Figure 43 : Que mesurer, comment et quand (source : Mayer et al. 2014a)

Ce listing de méthodes de mesure est corroboré par d'autres études. Par exemple, la revue systématique de la littérature réalisée par den Haan et van der Voort en 2018 sur la simulation participative et l'apprentissage social montre que les questionnaires (ouverts ou fermés) et les entretiens semi-directifs avant/après sont des méthodes qui reviennent très souvent dans les protocoles d'évaluation, et que les méthodes utilisées pendant l'atelier consistent en l'observation et l'enregistrement des logs des actions (den Haan et van der Voort 2018). En outre, den Haan et van der Voort montrent que ces méthodes couramment utilisées (questionnaires, entretiens avant/après et logs des actions) permettent d'évaluer les apprentissages d'ordre cognitif. Pour l'évaluation des apprentissages relationnels, les protocoles d'évaluation font plus volontiers appel à des questionnaires fermés administrés durant le jeu (par exemple au travers de questions à choix multiples qui apparaissent dans l'interface du jeu lorsque le joueur fait une action) ou bien à l'analyse des interactions entre joueurs durant la partie (qui parle et échange avec qui ?). Ce dernier type de méthode d'évaluation peut faire appel à l'utilisation de l'enregistrement vidéo pour pouvoir visionner les temps d'interactions après le jeu (Daré 2005), ou à la mise en place d'un protocole d'observation structurée de l'atelier conduit par plusieurs observateurs en même temps (Becu et al. 2016d). Enfin, la Figure 43 ne fait pas apparaître l'autre méthode d'évaluation également couramment utilisée dans la pratique du *simulation and gaming* qu'est le débriefing. En effet, ce dernier peut faire l'objet d'une analyse textuelle formelle (analyse thématique, lexicale ou linguistique), permettant de mieux comprendre les enseignements que les participants retirent de l'expérience de simulation.

9.1.1.2. [Focus sur quelques aspects des protocoles et méthodes](#)

Ce chapitre ne vise pas à détailler la diversité des méthodes et protocoles utilisés mais à en examiner quelques aspects, afin de mieux appréhender les différentes facettes des méthodologies d'évaluation.

Dans leur revue de la littérature sur l'évaluation des gaming/simulations, Jeffrey Chin, spécialiste en psychologie sociale, Richard Duke et le sociologue William Gamson montrent que l'utilisation de questionnaires en fin d'atelier est un pilier des protocoles d'évaluation des apprentissages (Chin et al. 2009). Cette méthode, qui est souvent utilisée de manière complémentaire à d'autres éléments d'évaluation (évaluation du contexte d'apprentissage, des caractéristiques des apprenants ou bien encore de la configuration du dispositif), est largement employée dans la pratique de la simulation participative comme dans le cadre de l'utilisation des jeux sérieux pour la formation. Le temps généralement consacré à ces questionnaires de fin d'atelier varie de 5 à 10 minutes maximum. Les questions peuvent être axées sur les compétences ou sur les attitudes durant le jeu. En outre, un atelier de gaming/simulation représente un format de formation particulier, où l'on apprend sur la base d'un modèle qui simule la réalité. De ce fait, les questionnaires d'évaluation de fin d'atelier comportent

quasi-systématiquement des questions sur la vraisemblance du jeu (Chin et al. 2009). Cela permet d'évaluer l'écart perçu par les participants entre le jeu et la réalité. Les auteurs suggèrent également l'utilisation de pré et post questionnaires, construits selon une échelle de Likert. Ces échelles psychométriques sont amplement utilisées pour l'évaluation des apprentissages dans les jeux sérieux (voir par exemple la méthode d'autoévaluation développée par les psychologues Blasko-Drabik, Blasko et Lum et décrite au Chapitre §4.3.2). Toujours dans le cadre des jeux sérieux utilisés en formation, les praticiens utilisent également parfois des protocoles où ils évaluent plusieurs groupes en parallèle, dont l'un constitue un groupe témoin (Boyle et al. 2016, Hainey et al. 2016).

De leur côté, Mayer et al. (2014a) décrivent de manière précise la façon dont ils évaluent les variables contextuelles à la réalisation de l'atelier. Pour analyser les éléments contextuels préalables, ils s'intéressent notamment aux caractéristiques sociodémographiques et/ou professionnelles des participants ainsi qu'à leur expérience préalable des dispositifs de simulation participative et à leur motivation à participer au dispositif proposé. L'expérience préalable de ce type de dispositif peut en effet être un facteur favorisant l'engagement du participant dans le dispositif. Les éléments contextuels postérieurs évalués sont quant à eux associés, entre autres, à la satisfaction du participant par rapport à son expérience de jeu durant l'atelier. Mayer et al. proposent pour cela plusieurs critères génériques d'évaluation de cette satisfaction : satisfaction par rapport à l'artefact proposé (clarté, ergonomie et réalisme du dispositif) et à la qualité de l'animation (facilitateurs, mode d'animation) ; engagement du participant dans l'atelier (immersion, degré d'implication dans le jeu) et niveau d'identification au rôle joué dans la simulation (le cas échéant) ; appréciation des apprentissages réalisés et qualité des interactions avec les autres participants. D'autres praticiens évaluent également le caractère sécurisé du contexte dans lequel se déroule l'atelier : les actions faites durant le jeu peuvent-elles prêter à conséquence pour les participants dans leur cadre professionnel réel (Carmeli et al. 2009) ?

Dans le cadre du dispositif LittoSIM, nous avons mis en place un protocole d'évaluation qui allie différentes méthodes d'évaluation (quantitative et qualitative) et qui s'intéresse à différentes temporalités de l'effet du processus (Figure 44).

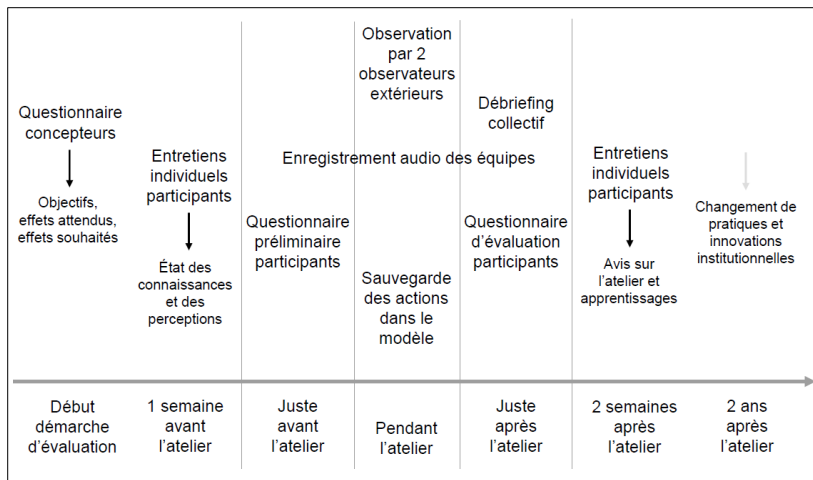


Figure 44 : Protocole d'évaluation du dispositif LittoSIM (Bergossi 2017, Becu et al. 2019a)

L'évaluation deux ans après du protocole est réalisée au travers d'entretiens menés auprès d'anciens participants aux ateliers, ou de personnes qui exercent des fonctions similaires sur le territoire mais qui n'ont pas participé aux ateliers, afin d'identifier d'éventuels effets de percolation au sein du réseau d'acteurs. Mayer et al. (2013) quant à eux recommandent de réaliser ces évaluations à moyen/long terme, au travers de l'analyse de la littérature grise (rapports, publications, communiqués) émanant des institutions auxquelles les anciens participants aux ateliers appartiennent. Les études auxquelles j'ai participé ayant déployé ce type d'évaluation un ou deux ans après (analyse des compte rendus et des rapports de la Commission locale de l'eau dans le cas du dispositif Sciences et SAGE (de Coninck et al. 2015), ou réalisation d'entretiens semi-directifs dans le cas du dispositif LittoSIM sur l'île d'Oléron), visaient à identifier les effets à moyen/long terme du dispositif en termes d'impact sur l'action publique. Aucune n'a donné de résultats concluants à ce sujet. L'hypothèse que j'avance à ce stade de mes recherches est que ces évaluations se heurtent au problème méthodologique décrit au Chapitre §5.2.2, à savoir que la notion d'impact n'a que peu de signification dans une démarche post-normale d'évaluation des processus de prise de décision. Il serait intéressant de tester une évaluation à moyen/long terme qui se focalise sur les capacités des participants et sur la mise en pratique des compétences collaboratives et politiques acquises lors du processus.

9.1.1.3. [Le modèle d'évaluation de la formation professionnelle de Kirkpatrick : une évaluation sur le long terme](#)

L'un des formats d'évaluation de la formation professionnelle les plus répandus est le modèle d'évaluation de Kirkpatrick, qui distingue quatre niveaux : l'évaluation des réactions, de l'apprentissage, de la mise en pratique des compétences acquises et enfin des résultats. Ce modèle d'évaluation est parfois utilisé dans le cadre de la pratique du *simulation and gaming*, même s'il est

jugé par certains comme étant trop général et inadapté à une évaluation exploratoire (à savoir que les hypothèses sont déjà posées, et qu'il ne permet pas d'identifier des apprentissages non prévus à l'avance (Mayer et al. 2014a). Donald Kirkpatrick conçoit le modèle des quatre niveaux en 1959, dans le cadre de sa thèse. Son modèle d'évaluation sera par la suite largement utilisé et deviendra une référence importante, voire un label, dans le domaine de la formation professionnelle¹³³. Le contenu du modèle est mis à jour en 2009 par son fils Jim et sa belle-fille Wendy (Kirkpatrick et Kirkpatrick 2009). C'est cette dernière version qui est présentée ci-dessous (Figure 45).

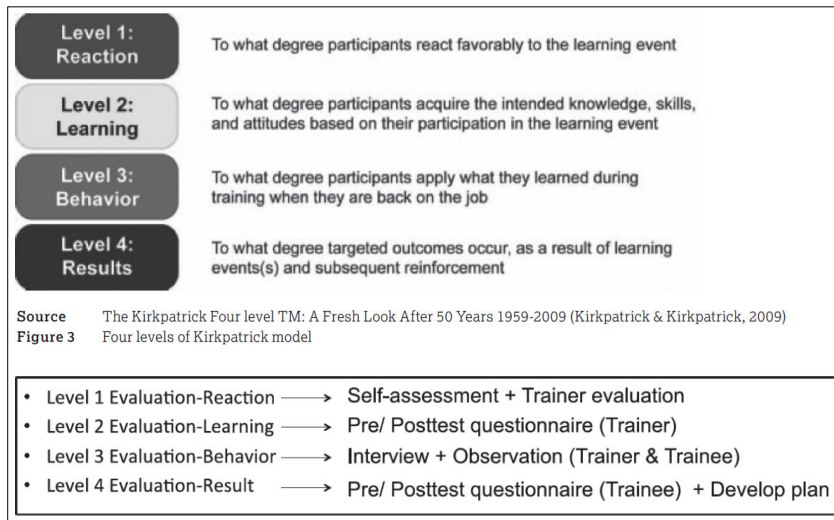


Figure 45 : Les quatre niveaux d'évaluation de Kirkpatrick et les méthodes d'évaluation associées (source : Huyakorn 2014)

Chaque niveau correspond à un niveau d'évaluation plus fin que le précédent (Kirkpatrick et Kirkpatrick 2009).

- Niveau 1 : l'évaluation des réactions. C'est une évaluation du degré de satisfaction des participants vis-à-vis du programme de formation et de leur perception. Il s'agit de l'évaluation la plus courante, car la plus facile à mettre en pratique. Après chaque formation, il est demandé aux participants de répondre à un questionnaire d'évaluation. Cependant, une évaluation positive ne préfigure pas un apprentissage réussi.
- Niveau 2 : l'évaluation des apprentissages. L'évaluation va au-delà de la simple satisfaction de l'apprenant, car on tente de mesurer l'apprentissage (compétences, connaissances ou comportemental). Le moyen le plus direct est de tester l'acquisition de la nouvelle compétence au regard des objectifs de la formation.
- Niveau 3 : l'évaluation du niveau de transfert. Ce niveau correspond à l'évaluation des changements d'ordre comportemental de l'apprenant suite à la formation, autrement dit la mise en œuvre effective des compétences nouvellement acquises : « Est-ce que les nouveaux savoirs,

¹³³ Le site <https://www.kirkpatrickpartners.com> donne une idée de la « marque Kirkpatrick » actuellement.

compétences ou comportements acquis lors de la formation sont utilisés chaque jour dans l'environnement de travail de l'apprenant ? ». L'évaluation se fait en conditions de travail.

- Niveau 4 : l'évaluation des résultats. L'évaluation porte sur des éléments factuels et chiffrables générés par la formation. Les indicateurs peuvent être de toutes sortes : augmentation de la production ou de la qualité, réduction de coûts, diminution de la fréquence d'accidents, augmentation du chiffre d'affaires ou des profits, etc.

Les deux premiers niveaux présentés ci-dessus sont ceux couramment évalués dans la pratique de la simulation participative. Les troisième et quatrième niveaux correspondent à l'évaluation sur le moyen/long terme qui a été discutée au Chapitre §9.1.1.2. À la différence des approches étudiées dans ce précédent chapitre, qui conduisent ces évaluations à moyen/long terme au travers d'entretiens menés auprès des anciens participants, le niveau 3 du modèle de Kirkpatrick propose de réaliser une évaluation *in situ* (dans l'environnement de travail) des compétences acquises. En effet, dans ce modèle, on considère que ces savoir-faire acquis peuvent devenir des habitudes de travail dont les personnes n'ont pas pleinement conscience. De ce fait, seule une évaluation externe peut réellement rendre compte de ces effets à moyen/long terme sur les participants (Kirkpatrick et Kirkpatrick 2009). Selon cette hypothèse, le niveau trois d'évaluation requiert donc l'utilisation de méthodes qualitatives non basées sur l'auto-appréciation, comme l'observation participante ou bien encore l'étude ethnographique. Le niveau 4 quant à lui est axé sur des données quantitatives. Willy Kriz, praticien de longue date du domaine du *simulation and gaming*, et son co-auteur proposent une mise en application de ce niveau d'évaluation. Ils réalisent une étude auprès d'anciens étudiants de master universitaire (de différentes spécialités) ayant suivi trois à cinq ans auparavant des modules de formation à l'entrepreneuriat, dont certains étaient basés sur l'utilisation de *business games* (Kriz et Auchter 2016). L'objectif des auteurs est de dépasser la simple appréciation de la satisfaction par les étudiants des formations suivies au travers des *business games*. Ils collectent pour cela des statistiques sur la proportion d'anciens étudiants ayant ouvert une startup après leurs études et trouvent que ce pourcentage est significativement plus élevé chez les anciens étudiants ayant suivi les modules basés sur ces jeux que chez les autres étudiants.

Ces exemples montrent que, dans le cadre de formations professionnelles ou professionnalisantes, lorsque l'on sait précisément les compétences que l'on cherche à évaluer, il est possible de conduire des évaluations à moyen/long terme de l'effet des dispositifs de gaming/simulation. Dans le cadre de l'usage de simulations participatives en appui au développement territorial, il est peut-être moins aisé de définir précisément les compétences que l'on cherche à évaluer, et l'intérêt de l'usage du modèle de Kirkpatrick reste à démontrer.

9.1.1.4. L'évaluation pendant la simulation : une forme d'entraînement

Dans le cadre de l'utilisation des jeux sérieux pour la formation, on recense également des approches d'évaluation relativement innovantes comparativement à ce qui se pratique actuellement en simulation participative. C'est le cas des travaux de Oulhaci et al., qui ont développé un modèle multi-agents intégré à leur dispositif de jeu sérieux informatisé, qui permet d'évaluer les joueurs durant la session (Oulhaci et al. 2013). L'objectif de leur approche est de proposer une évaluation qui dépasse le cadre du diagnostic ou de la synthèse, et qui puisse jouer un rôle d'entraîneur. Le rôle d'entraîneur consiste à informer et à réguler l'activité de l'apprenant (Figure 46).

Assessment	Objective	When
Prognostic	predict the level of the learner	before learning
Formative	inform and assess skill levels	just before learning
Trainer	inform and regulate the activity of the learner	during learning
Diagnostic	inform and enable learners to regulate their learning	during learning
Summative	certify the result of the learner	after learning

Figure 46 : Les différents types d'évaluation (source : Oulhaci et al. 2013)

Cette évaluation en temps réel s'apparente au procédé utilisé dans le dispositif LittoSIM, dans lequel l'agent informatique « Agence du risque » envoie des messages aux joueurs en fonction des actions qu'ils entreprennent, pour leur suggérer de suivre telle ou telle stratégie de défense côtière (Marilleau et al. 2017). Dans le cas de LittoSIM, ces recommandations sont en fait associées à des pénalités ou à des bonus attribués aux joueurs, mais il serait intéressant de tester des configurations de jeu où cet agent automatique se comporte plus comme un coach, à la manière de celui que Oulhaci et al. ont développé. Pour ce faire, leur coach informatique se base d'une part sur un algorithme d'évaluation des actions effectuées par le joueur (nombre d'actions, ordre des actions, temps des actions et efficacité des actions). D'autre part, il peut intervenir de différentes manières auprès du joueur en fonction de la situation. Il peut ainsi suggérer une action à faire (comme dans LittoSIM), afficher de l'aide ou des indices, proposer un correctif, ou également décider de ne pas intervenir si l'intelligence artificielle estime qu'il est préférable pour cet apprenant de se tromper et de corriger son erreur par lui-même.

9.1.2. Suivi/évaluation des démarches de planification participative

Ce chapitre étudie d'autres travaux, et notamment ceux d'Émeline Hassenforder et de ses collègues qui ont proposé un protocole d'évaluation des processus participatifs. Ces travaux sont intéressants car ils permettent d'évaluer l'intention participative des dispositifs de simulation participative et

d'interroger les éléments de design associés au déploiement de ces dispositifs dans un territoire (Design-In-the-Large).

Hassenforder et ses collègues réalisent un important travail de synthèse de la littérature sur les protocoles de suivi et l'évaluation des processus participatifs. Ils proposent également leur propre cadre d'analyse de suivi/évaluation appliqué aux démarches de planification participative, le MEPPP framework (Hassenforder et al. 2016). Comme dans les précédents travaux de Mayer et al. sur les dispositifs de gaming/simulation, l'un des apports de ce travail consiste à définir les éléments constituant un protocole de suivi/évaluation. La proposition des auteurs est donc un cadre générique d'élaboration et de mise en œuvre de protocoles de suivi/évaluation. Pour cela, les auteurs, définissent six constituants (ou phases) à la mise en œuvre d'un suivi/évaluation. Les trois premiers sont dédiés à définir le cadre d'analyse du suivi/évaluation, les trois suivants sont plus opérationnels.

1. Identification des variables descriptives de suivi/évaluation du contexte, du processus et des résultats du processus. Il s'agit ici de définir quels types d'éléments vont être observés et analysés.
2. Clarification du positionnement et des objectifs de la démarche de suivi/évaluation.
3. Identification des variables analytiques de suivi/évaluation du contexte, du processus et des résultats du processus. Il s'agit ici, sur la base des objectifs préalablement définis, de déterminer les variables et indicateurs qui seront utilisés pour suivre et mesurer les différentes variables descriptives.
4. Déploiement des méthodes suivi/évaluation pour renseigner les variables descriptives et analytiques et la collecte des données.
5. Analyse des données collectées ; éventuellement, établissement de liens entre les variables de résultat du processus et les variables de contexte et de processus, permettant d'identifier des relations de cause à effet.
6. Partage des résultats du suivi/évaluation.

Ces six constituants, ou six phases de l'élaboration et la mise en œuvre d'un protocole de suivi/évaluation, reprennent la structure générale d'évaluation décrite au chapitre précédent (avant/pendant/après). S'y ajoute cependant la distinction entre variables descriptives et variables analytiques. Cette distinction permet d'introduire une réflexion critique sur la façon de mesurer et d'opérationnaliser l'évaluation. Quels sont les indicateurs que l'on regarde, sont-ils bien choisis, permettent-ils une estimation fiable et robuste de la variable descriptive que l'on cherche à évaluer (e.g. le taux de présence des participants aux ateliers est-il un bon indicateur de l'intérêt des participants pour le processus ; e.g. le nombre de procès-verbaux est-il un bon indicateur de la conflictualité au sein d'une aire marine protégée (Becu et Weigel 2011)) ? Ce regard critique que l'on pose sur l'indicateur choisi revient à poser la question de la vérification des résultats, l'une des deux étapes d'un processus de validation des résultats (Becu 2015b). Dans le cas de la modélisation et de la simulation participative, cette question de la validation des résultats est d'ailleurs particulièrement épineuse, et nous sommes plusieurs praticiens à déconstruire ces démarches de validation et à

proposer une reformulation sous l'angle de la fiabilité (Bommel 2009, Becu et al. 2015c). Cet angle d'analyse par la fiabilité revient en quelque sorte à se poser la question suivante : « les résultats apportent-ils une réponse satisfaisante aux questions posées ? » (Thom et Noël 1991). Cette démarche conduit, d'une part, à formuler les questions en amont de la mise en œuvre du suivi/évaluation (phase n°2 ci-dessus), et d'autre part, à évaluer si les réponses apportées par le suivi/évaluation sont satisfaisantes. Cette évaluation de la satisfaction se fait notamment au travers du partage des résultats (phase n°6 ci-dessus) et de leur mise en débat (Couvét et Teyssède 2013), ce qui s'apparente à une forme de validation sociale qui participe de la légitimation du processus (Barreteau et al. 2001, Barreteau 2007, Cosens 2013, Becu 2015b).

En termes d'analyse des résultats du processus, Hassenforder et ses collègues proposent de distinguer trois types d'effets sur les projets de planification (chacun pouvant se décliner à différentes échelles spatiales, temporelles et sociales). D'une part, figurent les principaux effets tangibles comme la révision d'un plan, d'une politique publique, la mise en place d'accords ou l'investissement dans de nouvelles infrastructures ou procédures de gestion. D'autre part, les auteurs proposent d'évaluer si les effets portent sur l'action collective ou sur des changements individuels de comportement, de pratique et d'action. Enfin, le troisième type d'effets évalué particulièrement intéressant est l'évaluation de l'effet sur les participants. S'appuyant sur une revue de la littérature, les auteurs proposent de classer ces effets en cinq catégories (Hassenforder et al. 2015) :

- Renforcement des capacités ;
- Réduction des conflits ;
- Amélioration de la connaissance sur le système étudié ;
- Renforcement de la confiance et de la collaboration entre les partenaires ;
- Influence sur la décision.

Cette catégorisation des effets est intéressante, car elle peut être complémentaire de la classification des effets d'apprentissage décrite au Chapitre §7.1 et des effets de médiation décrits au Chapitre §7.2. Le renforcement de la confiance est un effet effectivement cité dans les retours d'expérience sur les processus de modélisation d'accompagnement qui déploient la simulation participative (e.g. au travers du processus Sciences et SAGE « une relation de confiance s'est tissée entre les membres de la CLE » (de Coninck et al. 2015)), de même que le renforcement des capacités. Néanmoins, ces deux effets sont parfois négligés dans les protocoles d'évaluation au profit d'effet plus tangibles.

Ces travaux autour de l'évaluation des processus participatifs, permettent donc de replacer le cadre d'évaluation des simulations participatives dans le contexte plus large des démarches participatives,

et ainsi de faire ressortir des éléments d'évaluation qui sont parfois négligés dans les protocoles d'évaluation, alors même qu'ils sont inhérents à l'intention participative du déploiement de ces dispositifs.

9.1.3. Vers des protocoles d'évaluation standardisés

Au cours de cette revue des protocoles d'évaluation, plusieurs interrogations et pistes ont été soulevées au sujet de la possibilité de définir des protocoles d'évaluation de la simulation participative adaptés à une mise en œuvre standardisée sur les territoires.

Il en ressort qu'en premier lieu, il convient de définir l'objectif de l'évaluation. Pour ce faire, il me semble aujourd'hui important de trouver un équilibre entre une évaluation poussée menée à des fins de recherche et une évaluation plus succincte, pouvant être conduite de manière routinière sur plusieurs cas d'étude. En effet, l'objectif des évaluations de la simulation participative a souvent consisté jusqu'à présent à apporter des éléments de preuve des effets de ces dispositifs sur les territoires, notamment des effets d'apprentissage. Comme rappelé à plusieurs reprises au travers des chapitres précédents, cette démonstration n'est plus à faire, et il existe actuellement un besoin de se tourner vers des objectifs d'évaluation plus opérationnels. C'est ce virage vers l'opérationnalité des objectifs d'apprentissage qui a été opéré depuis une vingtaine d'années par les praticiens des *business games* qui travaillent avec des entreprises privées, pour lesquelles l'intérêt de l'utilisation des jeux n'est plus remis en cause (cf. Chapitre §4.5 sur l'engouement autour des jeux sérieux). Il serait certainement pertinent d'opérer également ce virage dans le cas de l'utilisation de la simulation participative appliquée à l'aménagement du territoire et à la gestion de l'environnement.

En outre, l'application de la simulation participative à des enjeux sociétaux et environnementaux exige de positionner le cadre de l'évaluation dans une démarche post-normale. Dans cette intention, il n'est plus question d'évaluer des impacts mais d'apprécier les apports des dispositifs au regard du chemin parcouru par les participants (est-ce que les résultats apportés par la participation au dispositif sont satisfaisants par rapport aux questions que les participants se posaient ?). Cela nécessite un suivi du processus tout du long. Pour ce faire, l'outil opérationnel couramment utilisé par les praticiens de la modélisation d'accompagnement est le tableau de bord ; les porteurs du processus y notent et décrivent les temps forts collectifs à l'aide de différents critères (Perez et al. 2010). Cet outil simple d'utilisation est particulièrement pertinent pour pouvoir suivre et documenter les interactions entre les parties prenantes. En outre, ce cadre d'évaluation invite également à réaliser des bilans de fin de projet avec les participants au processus. Il n'est pas question ici de restitution des résultats ; il s'agit plutôt d'une étape finale du processus d'évaluation partagée avec les participants. D'un point de vue opérationnel, cette étape s'apparente à un retour d'expérience, qui est une pratique souvent mise en

œuvre dans les expérimentations en milieu professionnel pour tirer les enseignements positifs et négatifs des projets réalisés au sein de l'organisation.

Notre revue des protocoles d'évaluation a également permis de tirer des enseignements sur les instruments et les méthodes de mesure utilisés. Il apparaît en premier lieu que la mixité de ces méthodes est indispensable, tant pour croiser les résultats, les vérifier tout en restant critique par rapport aux indicateurs de mesure utilisés, que pour les enrichir grâce à la complémentarité des méthodes. L'utilisation du questionnaire (et entre autres celle des méthodes psychométriques) est un format facile à mettre en œuvre et à standardiser, permettant d'obtenir des résultats satisfaisants pour l'évaluation de certains types d'apprentissage. En revanche, l'évaluation des apprentissages collaboratifs et politiques requiert plutôt des méthodes qualitatives (entretiens semi-directifs, observation participante, méthode ethnographique). De même, certains apprentissages ne peuvent être appréciés par des méthodes d'auto-évaluation, comme le questionnaire ou l'entretien. Il s'agit là d'un défi à relever, car si le recours à l'observation participante ou aux méthodes ethnographiques est idéal pour pallier ce manque, leur mise en œuvre de manière standardisée est incompatible avec la nature de ce type de méthode. Une autre difficulté pour la spécification des méthodes de mesure tient à l'identification de variables descriptives et analytiques du contexte territorial qui puissent s'adapter à différentes conditions territoriales locales. Enfin, une dernière difficulté est le caractère chronophage de l'analyse de données qualitatives qui peut être incompatible avec une évaluation routinière des dispositifs de simulation participative. Pourtant, les méthodes qualitatives sont indispensables à cette évaluation. Le défi de la standardisation des protocoles dans ce cas consiste à trouver le juste équilibre entre la définition de critères d'analyse fixés en amont (ce qui permet de réduire grandement le temps d'analyse) et une analyse plus exploratoire.

La réponse à cette dernière question pourrait également répondre en partie à la problématique de l'évaluation sur le long terme. En effet, la possibilité de définir précisément des compétences à évaluer qui aient du sens par rapport à une application de la simulation participative pour le développement territorial pourrait permettre de réaliser une évaluation à long terme de niveau 4, selon le modèle de Kirkpatrick.

Enfin, l'intention participative des dispositifs qui sont étudiés réclame également de pouvoir évaluer d'autres types d'effets. Il s'agit d'une part des effets sur les rapports de confiance, la collaboration entre les partenaires, ou sur la réduction des conflits, et d'autre part des effets sur le renforcement des capacités et les capabilités à participer aux processus de décision. La capacité à participer aux processus de décision relève notamment des apprentissages et de l'acquisition de compétences politiques. L'évaluation des capabilités relève notamment de changements dans le système organisationnel (cf. Chapitre §7.3.2 sur les nouvelles formes institutionnelles pouvant être favorisées

par le déploiement des dispositifs de simulation participative) pouvant conduire à une redistribution des libertés de choix au sein du réseau d'acteurs. En matière d'analyse du renforcement des capacités et des capabilités, beaucoup reste à faire. Différentes pistes sont explorées. Ainsi, récemment, Sarah Loudin a utilisé dans sa thèse les jeux comme méthode d'évaluation des capabilités (Loudin 2019). En matière de renforcement des capacités, l'exemple présenté au Chapitre §9.1.1.4 passe par une évaluation conduite en temps réel durant la simulation à la manière d'un coach. Ce format se rapproche de celui des jeux sérieux utilisés à des fins d'entraînement étudiés au Chapitre §4.2.2.1.

Ce chapitre a permis de poser des bases au défi que représente la définition de protocoles d'évaluation de la simulation participative adaptés à une mise en œuvre standardisée sur les territoires. Le chapitre qui suit s'intéresse à un autre défi de taille pour les années à venir, qui est la question de la généralité des dispositifs de simulation participative.

9.2. Généralité, réutilisabilité, adaptabilité, modularité

Le Chapitre §8.1.2.2 a permis de définir la généralité d'un artefact de simulation participative comme étant le fait qu'il soit observable par ses utilisateurs (que les acteurs puissent y projeter leur réalité) et qu'il puisse apporter des éléments de compréhension et de réflexion sur un domaine donné. En outre, le Chapitre §5 consacré à la modélisation d'accompagnement a montré que la co-construction de l'artefact avec les acteurs locaux tend vers l'élaboration de modèles spécifiques à un terrain, ce qui conduit de nombreux praticiens de la modélisation d'accompagnement à parler de modèles jetables. Pourtant, certains domaines d'application et formats de Design-In-the-Large requièrent des artefacts de simulation dont le temps de développement peut être particulièrement important. La réutilisabilité des artefacts de simulation produits devient alors un enjeu important. Ainsi, l'une des conclusions du panel d'experts des SAGE que nous avons réunis en 2014 pour établir des recommandations sur la mise en œuvre de démarches de modélisation d'accompagnement dans le cadre de SAGE était la suivante : « *Pour minimiser l'investissement en temps et compétences informatiques, il faut réfléchir à une standardisation minimum de l'outil de simulation (du type "boîte à outils") qui permette à des bureaux d'études ou des animateurs de SAGE de prendre en main le développement d'un modèle de simulation adapté au contexte.* » (Becu et al. 2014a).

Ce chapitre explore les pistes pour tendre vers le développement de telles « boîtes à outils ». Dans un premier temps, les méthodes et outils génériques existants pour produire rapidement des jeux sérieux informatisés sont examinés succinctement. Puis, deux familles d'artefacts de simulation participative génériques ayant été développées par des praticiens de la modélisation d'accompagnement seront examinées : WAG et TerriStories. Dans les deux cas, il s'agit d'artefact de simulation haptique. La

dernière partie posera les éléments du défi à relever dans les années à venir, qui est de tendre vers la généralité dans le cas d'artefacts de simulation informatisés.

9.2.1. Méthodes et plateformes génériques pour le développement de jeux sérieux

La demande croissante pour la production de jeux sérieux (Sauvé 2007) conduit les développeurs à chercher à réduire au maximum les temps de développement (rappelons-le, les jeux sérieux sont considérés dans le cadre de cet ouvrage comme des dispositifs informatisés). Pour cela, différents kits de développement ont été développés.

Le kit et la méthodologie EMERGO permettent de produire des jeux sérieux dédiés à l'enseignement supérieur, qui prennent la forme de jeux en ligne mono-joueur. Dans ces jeux, l'apprenant est guidé par une trame narrative (qui reprend souvent la trame d'une enquête policière) dans la réalisation d'une séquence d'activités d'apprentissage impliquant d'aller chercher de l'information, de choisir entre différentes options impliquant une décision complexe, de résoudre des problèmes à l'aide de stratégies adaptées, et d'autres compétences cognitives complexes. Le kit est constitué d'une architecture de construction de site web, avec une base de données dédiée, des éléments de customisation graphique et un canevas de scénario à suivre et à adapter au sujet traité. Ces derniers sont variés et vont de l'enseignement des politiques environnementales à l'écologie et à la gestion des bancs de coquillages. D'après les auteurs, le kit EMERGO permet de réduire par quatre ou plus le temps de développement de ces jeux en ligne (Nadolski et al. 2008).

Generic-SG (Generic Serious Game project) est une méthode générique qui propose un générateur de jeux sérieux, pour que des enseignants universitaires puissent concevoir eux-mêmes leur propre jeu sérieux ; à la clé figure donc une réduction importante des coûts de développement informatique et graphique (Alvarez et al. 2012). Generic-SG est notamment utilisé dans le domaine médical (Labat et Plantec 2012, Marfisi-Schottman et al. 2013a, 2013b) pour former et entraîner les étudiants en médecine. La trame pédagogique de Generic-SG est basée sur la méthode de l'étude de cas, qui consiste à mettre les étudiants en situation par rapport à un cas donné : diagnostics médicaux de patients pour la médecine générale, dysfonctionnement d'un équipement médical, étude de cas de divorce pour le cours de droit de la famille, etc. Comme pour le kit précédent, les étudiants jouent en solo et doivent comprendre la situation, trouver des indices, tester différentes solutions, et poser un diagnostic qui sera alors évalué par le système de jeu (Plantec 2014).

Le Generic Serious Game Shell (GSGS) est un moteur de création de jeux sérieux, dont la trame des jeux produits suit le principe d'une chasse au trésor (Sauvé et al. 2011a, 2011b). Les joueurs, regroupés en deux équipes (le logiciel propose deux environnements différents pour le joueur 1 et le joueur 2), suivent un tracé de neuf stations au cours duquel les équipes s'affrontent en répondant à des questions

ou en effectuant des activités d'apprentissage. Des cartes actions, un système d'amélioration des éléments de jeu et une mécanique de jeu de pions majoritaires finissent de compléter la structure de jeu proposée par GSGS. La plateforme a été utilisée pour développer un premier jeu sur la thématique de l'eau, dans lequel les questions multimédias couvrent quatre thèmes liés à l'eau (consommation, biologie, répartition, approvisionnement). En changeant les questions et d'autres éléments de jeu, le logiciel peut être adapté à d'autres thématiques à la manière d'un *frame game* (cf. Chapitre §9.2.3).

Learning Adventure est un environnement d'apprentissage en ligne multi-joueurs en 3D (MMOLE : Massively Mutiplayer Online Learning Environnement) développé conjointement par le Liris de Lyon et le Lip 6 de Paris¹³⁴ (Carron 2011, Carron et Marty 2011, Pernelle et al. 2012, Marty et Pernelle 2013). Les apprenants évoluent dans un environnement virtuel 3D immersif au travers de leur avatar. Ils peuvent voir les avatars des autres utilisateurs et communiquer avec eux via le chat. L'enseignant ou le formateur peut être présent dans le jeu, suivre les activités des apprenants et intervenir pour les réorienter si besoin. Des indicateurs permettent de suivre la progression des apprenants. Les utilisateurs peuvent modifier/ajouter/retirer dynamiquement des contenus et des outils dans l'environnement virtuel. Enfin, Learning Adventure embarque des mécaniques de jeu de rôles empruntées aux jeux de rôles ludiques mais adaptées au contexte d'un environnement d'apprentissage. Par exemple, l'avatar du joueur possède des niveaux de compétences qui lui permettent d'accéder à différents exercices, ou bien des caractéristiques comme la coopération (Carron et Marty 2011). L'apprentissage est structuré autour d'un scénario d'apprentissage qui consiste, pour les utilisateurs, à se rendre à différents endroits du monde virtuel pour y réaliser différentes activités. Les activités peuvent être effectuées d'une façon personnelle ou collaborative et un système de quêtes permet de ludifier le cheminement au travers des différentes étapes du scénario pédagogique. La généricité de Learning Adventure tient au fait qu'il est possible de créer de nouveaux scénarios et activités pédagogiques. Les activités pédagogiques s'appuient sur des mécaniques de jeu comme trouver et rassembler des informations, interagir avec des objets ou des personnages non joueur (PNJ) du jeu. L'équipe de chercheurs a développé plusieurs scénarios pédagogiques ainsi que différents environnements 3D, chacun étant adapté au partenaire spécifique avec lequel ils ont travaillé. Bien qu'intéressant pour conserver l'aspect immersif, le développement des graphismes et du modèle 3D est très couteux (Pernelle et al. 2012). L'objectif pour l'équipe est à présent de fournir des outils aux enseignants pour qu'ils puissent définir, par eux-mêmes, leurs propres scénarios et activités pédagogiques. Enfin, cette plateforme est également intéressante puisqu'elle est illustrative de travaux menés par une communauté française active de chercheurs en informatique et en sciences de

¹³⁴ Liris : Laboratoire d'informatique en image et système d'information ; Lip 6 : Laboratoire d'informatique de Paris VI

l'éducation, qui travaillent sur les environnements informatiques pour l'apprentissage humain (EIAH)¹³⁵.

Les kits de développement qui viennent d'être étudiés et qui sont actuellement distribués sont essentiellement dédiés au développement de jeux en ligne mono-joueur, dont la trame narrative est imposée ou ne comporte pas réellement de modèle de simulation. Dans sa démarche de création de jeux sérieux au travers de canevas génériques et de la plateforme GSGS, Louise Sauvé explique qu'elle limite ses adaptations à des jeux ayant « des structures simples avec peu de règles » (comme le quizz, la chasse au trésor ou le jeu de l'oie¹³⁶) afin de faciliter l'adaptation (Sauvé 2007). Ces dispositifs ressemblent bien davantage à des jeux d'apprentissage qu'à des simulations. Selon Sauvé, la simulation est un modèle dynamique et simplifié de la réalité, qui est évalué notamment au regard de sa conformité au système qu'il représente, alors qu'un jeu est créé de toutes pièces sans référence à la réalité (Sauvé 2008). De leur côté, les chercheurs travaillant sur Learning Adventure ont développé un environnement virtuel dédié à l'apprentissage, où l'apprenant est libre de se déplacer et d'interagir avec les objets et les autres utilisateurs (Carron et Marty 2011, Pernelle et al. 2012). Les difficultés qu'ils rencontrent sont l'adaptation de leur environnement virtuel à différents cadres et activités pédagogiques ainsi que la connexion entre les activités réalisées dans l'environnement virtuel et l'acquisition de compétences réutilisables dans la réalité (Marty et Pernelle 2013, Marty et al. 2015).

Ainsi, il n'existe à notre connaissance pas à l'heure actuelle de kits permettant le développement de format de jeux informatisés s'apparentant à de la simulation participative. Venant à la base du domaine de la modélisation et de la simulation, la plateforme multi-agents Cormas est peut-être l'outil qui s'apparente présentement le plus à cet objectif. La plateforme gumonji/Q développée par des équipes japonaises à la fin des années 2000 prenait également cette direction, mais son développement s'est arrêté après quelques années, au stade de prototype (Sawada et al. 2008, Yamane et al. 2009).

9.2.2. Généricité dans les démarches de modélisation d'accompagnement

CoOPLAaGE et TerriStories sont deux kits de jeu haptique dédiés à la simulation participative, qui ont été développés par des praticiens de la modélisation d'accompagnement et de la modélisation participative.

¹³⁵ Voir par exemple les Habilitations à diriger des recherches de Lavoué et de Marty dans le domaine des EIAH (Carron 2011, Lavoué 2016).

¹³⁶ Voir le site <https://www.jeuxserieux.ca> pour quelques exemples de canevas génériques proposés par le Centre de recherche public SAVIE (Société pour l'apprentissage à vie) dont Louise Sauvé est la directrice.

CoOPLAaGE¹³⁷ est en fait une famille d'outils dédiée à la planification et à la gestion de l'eau (Ferrand et the CoOPLAaGE group 2017). Parmi ces outils, l'outil WAG, Wat-A-Game¹³⁸ est un kit jeu permettant de modéliser et de simuler des dynamiques hydrologiques, des infrastructures hydrauliques et leurs interactions avec les usages de l'eau (Ferrand et al. 2009, Abrami et al. 2012, 2016). Dans la version INI-WAG, la composante hydrologique est représentée par des billes de différentes couleurs représentant de l'eau ou d'autres types de ressources. Le réseau hydrographique peut être conçu et adapté directement par les utilisateurs du jeu, au moyen de tronçons de cours d'eau que les utilisateurs agencent entre eux. Les usages sont modélisés de la même manière, au moyen de cartes spécifiant les paramètres de consommation d'eau (et d'autres ressources) et ceux de production et de rejets d'eau. Comme précédemment, le canevas de ces cartes d'usage est à la fois simple à comprendre et adaptable, ce qui permet aux utilisateurs de concevoir facilement un modèle des usages relativement complet, en agaçant et en plaçant ces cartes sur le réseau hydrographique, avant de lancer une simulation. Cette dernière est réalisée manuellement en déplaçant les billes d'eau le long du réseau hydrographique d'amont en aval. À chaque fois que les billes d'eau rencontrent l'une des cartes usage placées sur le réseau, les paramètres de consommation et de production de cette carte sont appliqués. Ainsi, la quantité et la qualité de l'eau qui « coule » le long du réseau se modifient progressivement en fonction des usages. À la fin d'un tour de jeu, les utilisateurs comptabilisent les productions réalisées ainsi que la quantité et la qualité de l'eau en sortie du réseau hydrographique. Ainsi, le kit INI-WAG (qui est représentatif du métamodèle de la famille de jeu WAG) ramène le fonctionnement du système modélisé à trois composantes centrales (des billes d'eau, des tronçons de cours d'eau et des usages), et à quelques règles de jeu facilement appropriables par les utilisateurs (Figure 47).



Figure 47 : Les éléments de jeu et un aperçu de la situation de jeu avec le kit WAG

¹³⁷ [Site CoOPLAaGE](https://sites.google.com/site/watagame2/cooplaage-tools) : <https://sites.google.com/site/watagame2/cooplaage-tools>

¹³⁸ [Site WAG](https://sites.google.com/site/watagame2/cooplaage-tools/using-wag) : <https://sites.google.com/site/watagame2/cooplaage-tools/using-wag>
[site historique de WAG](https://sites.google.com/site/waghistory) : <https://sites.google.com/site/waghistory>

Le kit de jeu TerriStories¹³⁹ suit, en quelque sorte, la même démarche de parcimonie. Ce kit est dédié à la mise en discussion de usages du territoire (d'Aquino 2016). L'un des éléments de jeu central est le plateau de jeu, qui représente un damier de six par six « parcelles » de territoire. L'échelle spatiale n'est pas fixée. Ainsi, le plateau peut représenter un pays et les « parcelles » de territoire des régions. Mais il peut aussi représenter une zone agricole et les parcelles de territoire des parcelles agricoles. En fait, la configuration habituelle du jeu associe souvent plusieurs plateaux de jeu placés à différents endroits de l'espace de jeu, chaque plateau de jeu représentant une échelle socio-spatiale différente. Les joueurs peuvent ainsi circuler d'un plateau de jeu à l'autre, ce qui permet de simuler les interactions entre les différentes échelles territoriales. Chaque « parcelle » de territoire est composée d'un carré de bois dont on peut changer la couleur, qui représente le milieu naturel dominant dans la parcelle. Chaque parcelle comporte également deux petits casiers, dans laquelle les joueurs peuvent placer des pièces de jeu représentant les stocks de ressources disponibles pour cette parcelle. Les pièces de jeu représentant les ressources de la parcelle peuvent aussi être placées sur le carré de bois principal de la parcelle, pour représenter un usage ou une production. Ainsi, comme dans le cas précédent, le design de jeu permet de concentrer en un nombre restreint d'éléments de jeu les mécanismes génériques de la thématique : un territoire, des emboitements d'échelles, des espaces situés (ou parcelles) ayant chacun un milieu naturel propre, des ressources, des stocks de ressources, des usages, des productions. Au cours du jeu, les joueurs utilisent les ressources des parcelles pour générer des vivres et des revenus, qui vont leur permettre de subvenir à leurs besoins dans un contexte de ressources limitées. Les règles d'accès, d'usage et de partage des ressources et des parcelles ne sont pas fixées. C'est aux joueurs de les définir avant de démarrer la simulation, de même qu'ils doivent définir en début de partie un objectif collectif à atteindre durant celle-ci. Au cours de la partie, les joueurs pourront modifier à volonté les règles d'accès, d'usage et de partage au travers de discussions et d'accords.



Figure 48 : Les éléments de jeu et un aperçu de la situation de jeu avec le kit TerriStories

¹³⁹ [Site TerriStories](http://www.terristories.org) : <http://www.terristories.org>

La dimension *free-play* est au cœur du design de TerriStories. Ainsi, les plateaux sont modifiables à loisir, les cases des parcelles sont amovibles, et l'on peut ajouter des pièces de jeu à l'infini pour représenter tous types de ressources. Les joueurs peuvent donc construire leur propre représentation abstraite de leur territoire. Cette « construction » du territoire se fait directement par les joueurs, en amont de la simulation, et fait partie du dispositif de jeu. D'Aquino parle de « self-design » puis de « self-simulation » : « *C'est ainsi que progressivement, à partir des situations de coordination qu'ils créent puis simulent en les jouant, ils testent et forgent de nouvelles règles afin d'améliorer la situation selon leurs propres perceptions* » (d'Aquino 2016).

La dimension multi-échelles que l'on trouve dans TerriStories a également été testée au travers d'une configuration de déploiement particulière du kit WAG et des outils CoOPLAaGE (Ferrand et al. 2013). Dans leur Design-In-the-Large, les auteurs sont partis de l'idée que l'échelle méso est un niveau intermédiaire entre le niveau local (ou communautaire) et le niveau national ; le déploiement a consisté à faire construire et à simuler des systèmes de gestion de l'eau à cette méso-échelle, mais par des participants travaillant à différentes échelles (locale, nationale, etc.).

Les deux kits de simulation participative générique qui viennent d'être examinés, présentent plusieurs traits communs. Dans les deux cas :

- Il s'agit d'artefacts sans informatique¹⁴⁰, où les éléments de jeu sont modifiables et adaptables ;
- Le dispositif se présente sous la forme d'un kit que les utilisateurs peuvent utiliser par eux-mêmes ;
- Le principe est que les utilisateurs construisent d'abord leur territoire à l'aide du kit puis effectuent une simulation en jouant au jeu dont ils ont conçu la structure ;
- La représentation est abstraite, mais conserve les éléments fondamentaux du domaine modélisé (l'usage de l'eau et des bassins versants pour l'un, l'usage des ressources et des territoires pour l'autre) ;
- Il est possible de représenter les interactions entre différentes échelles territoriales.

L'identification de ces traits communs est précieuse, car elle permet de commencer à dessiner les contours de ce que représente la généricité d'un dispositif de simulation participative. Un autre élément de cette généricité est à prendre en considération. Il s'agit de la spécification du méta-modèle du jeu. On retrouve bien ce méta-modèle dans CoOPLAaGE et TerriStories au travers des « éléments fondamentaux du domaine modélisé », mais les auteurs du domaine du *simulation and gaming* l'ont

¹⁴⁰ Dans les deux cas, il existe des versions informatisées qui permettent d'automatiser certains aspects du jeu, mais elles ne permettent pas une aussi grande flexibilité et modularité que leur version haptique.

exprimé différemment dans leurs travaux antérieurs ; ils l’abordent au travers du concept de « *frame game* ».

9.2.3. Les « *frame games* » développés par les praticiens du *simulation and gaming*

Thiagi et son co-auteur publient en 1979 *Frame games* (Thiagarajan et Stolovitch 1979, Stolovitch et Thiagarajan 1980)¹⁴¹. Un *frame game* est un ensemble d’instructions détaillées de jeu constituant un tout cohérent et conçu de manière à permettre d’incorporer et de remplacer aisément du contenu de jeu relatif à un cas spécifique. Thiagi, de son nom complet Thiagarajan, est un praticien de longue date du *simulation and gaming*, qui possède un talent et un savoir-faire en facilitation mondialement reconnus. Au cours de son parcours, il a développé et utilisé plusieurs *frame games*, qu’il mobilise durant des ateliers de facilitation et de coaching de groupes, dont le contenu est sans cesse adapté au public (site [Thiagi](#)). Durant un atelier, il utilise plusieurs jeux, en fonction de l’avancement du groupe et des questions que les participants se posent. Les jeux s’enchaînent et, si pour les participants, leur structure semble être improvisée, ils suivent en fait chacun un ensemble d’instructions bien précises et bien maîtrisées par le facilitateur ; c’est le *frame game*. Selon Thiagi, un *frame game* possède la plupart des caractéristiques suivantes :

- Adaptabilité et flexibilité. L’incorporation et le remplacement de son contenu doivent permettre de s’adapter aux objectifs pédagogiques, aux caractéristiques des participants et à l’utilisation envisagée. Ils permettent de simples modifications et variations en fonction des ressources disponibles avant chaque session.
- Application dans le monde réel. Le contenu intégré dans le *frame game* doit permettre aux participants de projeter leur réalité dans le jeu et d’acquérir des compétences et des concepts applicables dans leur environnement de travail réel.
- Simple à comprendre. Les règles sont simples et les instructions faciles à suivre.
- Engageant. Le jeu implique tous les participants, à tout moment, et les challenge au moyen de défis ni trop simples, ni trop difficiles.
- Simple à animer. Le *frame game* doit permettre à animateur quel qu’il soit d’utiliser le jeu sans devoir passer trop de temps à préparer le matériel ou à apprendre les règles.

Pour parvenir à développer un *frame game*, les auteurs expliquent qu’il s’agit d’identifier dans un jeu donné ce qui relève du contenu et de la structure. En séparant les deux, il est possible, à partir de la structure, de décrire ce qui constitue le cadre de ce jeu, en d’autres termes, les métarègles et méta-

¹⁴¹ Le concept de *frame game* avait été utilisé auparavant, notamment par Cathy Greenblat and Richard Duke (Duke 1980).

composantes de ce jeu. À partir de ce cadre de jeu, on peut y intégrer un nouveau contenu pour créer un nouveau jeu (Figure 49).

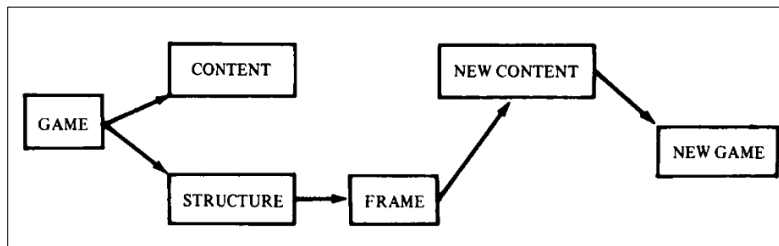


Figure 49 : Élaboration d'un *frame game* (source : Thiagarajan et Stolovitch 1979)

L'incorporation et le remplacement du contenu de jeu peuvent se faire de différentes manières (Thiagarajan et Stolovitch 1979), correspondant globalement à deux types de *frame game* : les architectures de jeu et les jeux à contenus alternatifs. Pour les *frame games* se présentant sous la forme d'une architecture de jeu, c'est à l'utilisateur (a priori le facilitateur) de remplir cette architecture avec du contenu qu'il aura créé. Comme l'architecture en elle-même peut paraître assez abstraite, ce type de *frame game* est souvent proposé avec un premier contenu, assez basique, qui sert d'exemple. En soit, le contenu basique du jeu n'est pas très intéressant pour des joueurs, mais il permet d'illustrer les mécaniques principales de jeu afin que l'utilisateur crée et incorpore du nouveau contenu. Les kits de jeu WAG et TerriStories correspondent à ce type de *frame game*, et WAG possède son contenu de base, qui s'intitule INI-WAG. Le deuxième type de *frame game* se présente sous la forme d'un jeu ayant plusieurs contenus alternatifs. L'utilisateur peut charger le contenu qu'il préfère et souvent y incorporer de petites variations au contenu proposé. Le *frame game* est également souvent accompagné d'instructions spécifiques pour pouvoir créer et intégrer un nouveau contenu alternatif. Différentes versions du *frame game* peuvent être proposées, chacune ayant un ensemble de contenus spécifiques pouvant être chargés et utilisés. Dans le cadre du projet de recherche LittoSIM-GEN que je coordonne, c'est cette deuxième voie de la généricité que nous explorons (cf. chapitre suivant).

À la suite des travaux ayant décrit les principes des *frame games*, différents praticiens ont conçu et proposé des *frame games* permettant d'aborder différents types de sujets. Dans « The Academic game », les joueurs incarnent des rôles ayant des relations hiérarchisées, allant du Professeur à l'Étudiant en passant par le Chargé de cours et l'Assistant (Bredemeier et al. 1981). Le jeu peut être adapté à une multitude de situations, reprenant les mécanismes de pouvoir et de répartition des tâches intégrées au jeu (les auteurs ont testé de leur côté des contenus adaptés au milieu hospitalier, aux écoles publiques, aux maisons de retraite, etc.). Le *frame game* développé par Ciuce et al. (2009)

cherche à sensibiliser sur l'intérêt de la participation dans les processus de changement organisationnel dans les entreprises. Le jeu est de type *free-play*, et les joueurs sont libres de créer leurs propres règles de fonctionnement interne de l'organisation et leur propre mode opératoire. La structure de jeu est composée de deux profils de rôle, les employés et les managers, et de trois tours de jeu, chacun se déroulant en deux étapes. La première étape consiste à simuler la réalisation des tâches de l'entreprise. Lors de la deuxième étape, les employés et les managers, soit séparément soit collectivement suivant le tour de jeu, établissent des rapports sur les changements organisationnels à opérer. L'adaptation de ce *business game* à différentes structures d'entreprises consiste alors à intégrer du contenu de jeu spécifique à l'entreprise où l'atelier se déroule, dans la première étape des tours de jeu. Un autre *frame game*, intitulé le « Stakeholders Simulation Game », est dédié à la recherche de compromis dans le domaine de l'environnement et de la santé (Sugiura 2014). Le principe de ce *frame game* est que les participants doivent maximiser leurs profits individuels tout en tenant compte d'une règle commune qu'ils établissent en début de partie, au travers d'une délibération conjointe prenant en compte leurs préférences individuelles. La structure du *frame game* permet de calculer des scores représentant la relation entre chacun des bénéfices individuels et la règle collective. La simulation permet ainsi de représenter visuellement les préférences de chaque participant et facilite l'établissement d'un compromis sur la base de ses préférences. Cette architecture de jeu doit être complétée par un contenu thématique pour devenir un jeu. La façon d'établir la règle commune en début de partie et celle d'évaluer les scores individuels sont les deux mécaniques de jeu qui sont adaptées d'un thème à l'autre. Par exemple, dans l'adaptation du jeu au thème de l'alimentation, la règle commune est la liste des aliments préférés et évités pour chacun des joueurs, et les scores individuels sont évalués au regard de leur diversité. Dans l'adaptation au thème de la politique environnementale, la règle commune est le rapport entre le niveau de priorité de la nouvelle politique proposée et les risques individuels, et les scores individuels sont évalués au travers d'une délibération où chaque joueur présente des arguments en faveur ou défaveur de la politique proposée.

Les exemples de *frame game* présentés ci-dessus sont des architectures de jeu haptique permettant d'intégrer du contenu spécifique à un thème. Il est intéressant de noter qu'ils incorporent tous une dimension plus ou moins élevée de *free-play*. En outre, le contenu intégré est soit de type descriptif (par exemple dans « The Academic game »), soit de type fonctionnel. Dans ce deuxième cas, ce sont les mécaniques de jeu qui sont adaptées à chaque cas d'utilisation. Dans le cas de dispositifs informatisés, ces deux types d'intégration prennent alors la forme de la modularité et de l'adaptabilité.

9.2.4. Vers la modularité et l'adaptabilité

L'un des défis à relever en matière de généricité est la modularité et l'adaptabilité des dispositifs hybrides de simulation participative. Cet objectif de recherche va dans le sens de l'approche multi-échelles développé par d'Aquino et Bah (d'Aquino et Bah 2014) et poursuit la logique des *frame games* en l'appliquant à des dispositifs informatisés.

D'un point de vue conceptuel, la modularité et l'adaptabilité peuvent être schématisées comme deux procédés pour étendre le domaine de la généricité d'un archétype de simulation archétypique vers davantage de descriptif et d'intégration de données particulières (Figure 50).

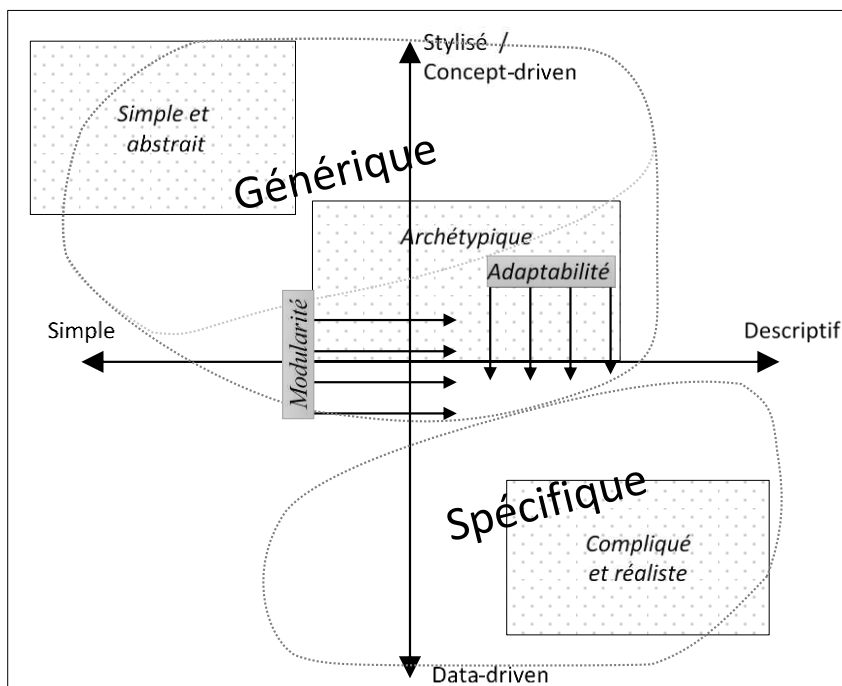


Figure 50 : Généricité et degré de réalisme : étendre le domaine de la généricité au moyen de l'adaptabilité et de la modularité (suite de la Figure 39)

L'adaptabilité consiste à intégrer des éléments permettant aux participants de faire le lien avec leur contexte (adapter les indicateurs, intégrer de nouveaux éléments de jeu, adapter la visualisation du plateau de jeu). Ce lien correspond à la notion d'observabilité proposée par Klabbers (Klabbers 2009b), ou à celle d'équipement des objets intermédiaires proposée par Vinck (Vinck 2009). Pour que les participants puissent lier l'artefact à leur propre réalité, il faut intégrer des éléments dans le design du dispositif qui parlent aux différents mondes sociaux auxquels il s'adresse. L'adaptation de l'artefact à un nouveau contexte requiert aussi de changer certains fonctionnements du modèle de simulation ou d'en ajouter de nouveaux. La modularité de la structure de jeu permet alors à l'utilisateur d'ajouter ou de modifier des fonctionnalités (ajouter de nouveaux usages, de nouvelles mécaniques de calcul de résultats, de nouvelles actions de jeu). Chacun des modules doit être compatible avec la structure principale du jeu ; les modules peuvent éventuellement être compatibles entre eux.

Les recherches que je co-coordonne dans le projet LittoSIM-GEN explorent ces deux types d'intégration. Notre démarche consiste à repartir du dispositif hybride LittoSIM, spécifique au territoire d'Oléron, pour l'adapter à de nouveaux territoires littoraux de France métropolitaine. Pour ce faire, l'équipe de recherche travaille d'une part sur la définition de ce qui constitue les métarègles et les métacomposantes du dispositif de jeu, c'est-à-dire le *frame game* de LittoSIM. D'autre part, des recherches et des développements sont menés sur l'adaptabilité et la modularité du logiciel. Pour cela, l'architecture informatique du logiciel est repensée et un travail d'automatisation du prétraitement des données géographiques est réalisé. Enfin, des expérimentations sont pilotées par différents membres du projet sur six terrains différents pour identifier l'observabilité et les besoins de spécifications du dispositif, en fonction du contexte territorial et des partenaires locaux avec qui nous réalisons la co-construction du déploiement du dispositif. À terme, l'objectif opérationnel est de réaliser un kit de jeu proposant plusieurs modules et contenus alternatifs. En termes de recherche, l'objectif est de parvenir à lever les verrous du manque de souplesse d'utilisation et de liberté d'action liés à l'informatisation des dispositifs de simulation participative.

Si cette recherche en cours vise à apporter des éléments de réponse à la problématique du débriefing, un autre défi de taille se posera dans les années à venir : celui du transfert du savoir-faire du débriefing. En effet, la formalisation des étapes du débriefing et leur transfert au moyen de guides sont des questions qui ont déjà été balisées par différents praticiens, dont Dennis Meadows, qui propose un protocole de débriefing qu'il diffuse dans son manuel *The climate playbook* (Meadows et al. 2016). Mais l'enjeu demeure entier en ce qui concerne le transfert du savoir-faire. Willy Kriz, comme d'autres, a décrit ce savoir-faire du facilitateur, son rôle et l'attitude à avoir vis-à-vis des participants (Kriz 2010). Cependant, comprendre ce savoir-faire et le mettre en pratique est différent. En outre, l'enjeu n'est pas uniquement relatif au transfert du savoir-faire mais également au transfert de l'intention du jeu. Pour l'illustrer, l'expérience du transfert du jeu « Motte Piquet » d'un cadre de recherche à une animation réalisée par des animateurs d'Océanopolis est particulièrement intéressante. Comme le précise Françoise Gourmelon, ce transfert a nécessité un grand travail de formation pédagogique pour former les futurs animateurs au jeu, mais surtout pour les former à la manière de débriefer le jeu (Gourmelon et al. 2011, Gourmelon 2017). Elle note également une certaine tendance, chez les animateurs formés, qui étaient issus du monde de la protection de l'environnement, à modifier les messages portés sur le jeu au cours du débriefing. En effet, ces derniers ont tendance à véhiculer un message d'injonction à défendre l'environnement, alors que l'intention de départ du jeu est une mise en débat des enjeux sociaux et environnementaux mis sur un même pied d'égalité. Géraldine Abrami note la même difficulté à transférer l'intention du kit de

développement WAG. Elle a réalisé une enquête auprès des personnes formées au kit WAG durant les dernières années. Il en ressort entre autres qu'une part non négligeable des personnes formées utilise le kit dans l'intention de faire passer des messages normatifs, alors que son intention de départ est une intention participative (Abrami et al. 2019).

Cette problématique rejoint celle plus large de la place de la participation dans nos sociétés. Le rôle des démarches participatives au sein de nos institutions est parfois chaotique (cf. le Grand Débat). Il influe sur le marché de la participation (Mazeaud et Nonjon 2018) et avec lui, sur les orientations et le développement des savoir-faire en matière de facilitation. De plus en plus de personnes sont formées à la facilitation dans les milieux professionnels, mais seul un petit nombre maîtrise la pratique de la simulation participative et sait faciliter un temps de débriefing (souvent ces professionnels sont eux-mêmes des concepteurs de simulations participatives, de jeux sérieux et/ou de jeux). Le verrou du savoir-faire du débriefing passe donc aussi par la formation des professionnels de la participation à la facilitation de dispositifs de simulation participative. C'est ce que l'équipe CoOPLAaGE réalise avec des outils dédiés à la facilitation et à l'animation, et c'est également l'objet de certaines formations spécialisées sur la facilitation et dispensées par des praticiens du *simulation and gaming* et de la modélisation d'accompagnement.

9.3. Après le dégageement, la question de l'engagement

La problématique du dégageement, que Nils Ferrand a posée aux praticiens de la modélisation d'accompagnement en 2012 (Ferrand 2012), continue d'être traitée au travers de différents projets de recherche. Pour certains praticiens, elle les a conduits à étudier plus attentivement les travaux menés dans le domaine du *simulation and gaming*, du jeu sérieux, voire du jeu de société. De nouvelles dimensions et concepts au sujet des artefacts étudiés et de leurs usages apparaissent alors, et avec eux, de nouveaux questionnements se forment. La question de savoir ce qui structure et favorise l'engagement dans le cas des dispositifs de simulation participative en est un exemple.

Le Chapitre §4.4.1 a permis de montrer que, dans le cas des jeux sérieux, l'engagement des joueurs se structure autour du plaisir ludique (e.g. flow) et de la satisfaction des motivations du joueur (éprouver ses compétences, autonomie et relations sociales). Dans son éditorial des numéros 4-5 de la revue *Simulation & Gaming* de 2014, David Crookall aborde la question de l'engagement dans les dispositif de gaming/simulation sous l'angle de l'apprentissage (Crookall 2014). Il explique qu'au cours de la simulation, les participants expérimentent différentes émotions (frustration, colère, sentiment d'accomplissement, etc.) qui participent à leur engagement durant la phase de simulation. Ces expériences vécues de manière intense, en raison des émotions qui les accompagnent, requièrent

d'être débriefées à la suite de la simulation, sans quoi elles ne peuvent pas devenir des apprentissages. Pour mener un débriefing approprié, il est important que les participants adoptent une attitude appropriée (se poser, prendre le temps de réfléchir, d'écouter et de partager, se remémorer, écrire, etc.), qui est différente de l'attitude ludique de la phase de simulation. Cela requiert un engagement d'une autre forme que précédemment, un engagement dont la motivation est d'apprendre, de se remettre en cause. Plus l'engagement dans la phase de simulation aura été important, plus il est important de faciliter la sortie de l'attitude ludique pour permettre aux participants d'adopter une attitude réflexive. Ainsi, l'engagement dans la phase de simulation a donc deux facettes : il peut renforcer les apprentissages en raison de l'intensité des expériences vécues mais peut aussi les empêcher, lorsque les participants ne parviennent pas à sortir de l'attitude ludique pour adopter une attitude réflexive. L'éditeur de la revue invite ensuite les praticiens à investiguer davantage les différents types d'engagement (l'engagement dans la simulation et l'engagement dans le débriefing), à mieux comprendre ce qui structure ces engagements et les facteurs qui les affectent, et à mieux comprendre ce qui différencie l'engagement dans le cadre d'un jeu de l'engagement dans un cadre de non-jeu.

Dans le numéro de la revue *Simulation & Gaming* correspondant à cet éditorial, Whitton et Moseley proposent de distinguer six types, ou degrés, d'engagement dans l'activité d'apprentissage (Whitton et Moseley 2014).

Engagement superficiel ou comportemental, provoqué par une motivation extrinsèque	Participer	Engagement par le fait de faire, de participer à l'activité
	S'impliquer	Engagement par le fait de s'impliquer dans l'activité en étant attentif et en ayant une attitude positive (l'implication peut se produire sans qu'il y ait un intérêt personnel à s'impliquer)
Engagement profond, motivé par un intérêt personnel et produisant une interaction psychologique profonde en rapport à l'expérience vécue	Être captivé	Engagement par le fait d'être absorbé psychologiquement par l'activité. L'implication n'est plus superficielle mais cognitive (correspond au processus d'immersion et au concept de « flow »)
	Émotionnel	Engagement émotionnel lié au fait de ressentir, lors de et par l'activité, des émotions fortes qui nous affectent au niveau affectif (émotion d'empathie, de colère, d'excitation, etc.)
	Affiliation (social)	Engagement social lié à l'identification et au sentiment d'appartenance de la personne à un groupe (l'engagement social est associé aussi à un engagement psychologique)
	Incorporation	Engagement par le fait de se sentir être dans l'activité, faire partie intégrante de l'activité. Cet engagement plein engage le corps, l'intellect et l'état émotionnel de l'individu. L'immersion transporte l'individu et l'expérience le transforme

Figure 51 : Types, ou degrés, d'engagement dans l'activité d'apprentissage (adapté de Whitton et Moseley 2014)

Dans ce même numéro, les chercheurs du Liris de Lyon, Élise Lavoué, Karim Sehaba et leur post-doctorant Patrice Bouvier, associent différents types de comportements engagés¹⁴², à différents types d'émotions (e.g. curiosité, détente, surprise pour un engagement lié à l'environnement de jeu ;

¹⁴² L'utilisation du concept de « comportement engagé » (Bouvier et al. 2013) ne débouche pas sur la même typologie que celle élaborée par Whitton et Moseley.

sentiment de connexion ou de reconnaissance pour un engagement social) (Bouvier et al. 2014). Plus récemment, Lavoué et ses co-auteurs ont étudié, à l'aide d'une grille d'évaluation des émotions, la conscience émotionnelle d'étudiants universitaires et son impact sur le contrôle émotionnel et l'apprentissage (Lavoué et al. 2019).

Ainsi, les recherches sur l'engagement, qu'il soit émotionnel, social ou du fait d'être immergé et captivé par l'environnement de jeu, se sont multipliées ces dernières années dans le domaine du *game-based learning*. Cette question de l'engagement intéresse également d'autres domaines, hors du cadre du jeu, notamment les recherches en rapport avec la participation citoyenne. En effet, les études sur l'engagement environnemental ou sur l'engagement et l'implication citoyenne sont nombreuses (e.g. Tshibangu et al. 2018, Houte et al. 2020). L'une des voies de la recherche pour les années à venir dans le domaine de la simulation participative consiste à croiser les recherches sur l'engagement et le rôle des émotions à l'échelle du dispositif de simulation (en lien avec le DIS), avec les recherches sur l'engagement citoyen et l'engagement environnemental à l'échelle du déploiement du dispositif sur les territoires (en lien avec le DIL).

9.3.1. L'engagement via le DIS

Les Chapitres §8.1 et §4.4.3 ont déjà abordés les leviers du DIS permettant de favoriser l'engagement dans le cadre du jeu. Les auteurs de la revue *Simulation & Gaming* établissent des constats similaires au sujet des mécanismes ludiques qui favorisent l'engagement dans le dispositif (Medema et al. 2016). En outre, les interactions sociales qui font partie du design d'une simulation participative sont également une clé importante de l'engagement. Celles-ci évoluent progressivement au cours du jeu, au fur et à mesure que l'apprenant expérimente de nouvelles interactions sociales (Lavoué 2012). Dans le cadre d'une simulation participative, la dimension *free-play* du jeu est également un levier de l'engagement, car il répond à l'intention participative du dispositif. Ainsi, d'Aquino relate le déploiement d'un dispositif auprès d'un large panel de citoyens, durant lequel il y a eu un fort engouement et engagement de la part des différents acteurs : « *Les supports d'animation sont conçus pour laisser une flexibilité maximale aux participants, en les mettant dans des situations d'action où ils peuvent mobiliser toutes les idées qu'ils souhaitent, sans devoir passer par un discours formaté ou un document écrit (y compris cartographique). Les éléments de jeu ne sont là que pour les pousser à affiner leurs propositions jusqu'au niveau opérationnel. De cette mise en action très libre émerge, dans le jeu des participants, la réalité des comportements, au-delà des discours sur cette réalité et des règles habituelles de liberté de parole. Par exemple, les participants improvisent souvent des situations de corruption qu'aucun élément de jeu ne leur suggère de prendre en compte.* » (d'Aquino 2015).

Au vu de ces premiers éléments, il serait judicieux de poursuivre les recherches pour mieux analyser les éléments de design de l'aspect *free-play* et de la structure des interactions sociales dans le dispositif qui favorisent l'engagement des participants, au sens de la satisfaction de l'intention participative du dispositif. En quoi le design du dispositif répond-il aux motivations des participants en termes de contrôle de la simulation et du modèle ? Est-ce que le dispositif permet aux participants d'explorer les possibles qu'ils avaient imaginés avant de commencer la simulation ? En explorent-ils d'autres et cela répond-il à leurs attentes en termes de partage, d'action collective et, plus largement, de changements institutionnels ?

9.3.2. L'engagement via le DIL

Suivant la façon dont le déploiement du dispositif sur le territoire aura été conçu, l'engagement des différentes parties prenantes ne sera pas le même. Par exemple, dans une application auprès de différents types d'acteurs, Françoise Gourmelon note que les élus locaux peuvent être dans le rejet du dispositif et de la démarche car ils estiment que le dispositif leur est imposé par des scientifiques (Chlous-Ducharme et Gourmelon 2011, Gourmelon 2017). La question se pose donc de savoir si le dispositif est développé et déployé pour répondre à ses commanditaires ou pour s'adapter à son public cible. À ce sujet, l'expérience relatée par Laurence Schmoll sur le cas du développement de jeux sérieux pour le français langue étrangère est édifiante. Dans le premier jeu qu'elle étudie, le projet Thélème, l'environnement massivement multi-participants répond aux attentes des joueurs, mais ne répond en revanche pas aux attentes des enseignants, ce qui amène l'auteur à écrire : « *La didactique, qui devrait être invisible, est au contraire explicite, comme dans beaucoup des jeux que nous avons examinés plus haut : le prototype semble encore trop dessiné pour expliquer son principe aux enseignants plutôt que pour attirer les apprenants.* » (L. Schmoll 2011). Ses réflexions l'amèneront par la suite à participer au développement et à évaluer un deuxième jeu, les éonoutes, pour lequel plusieurs entrées sont possibles, une console enseignant et une console apprenant, permettant ainsi de répondre aux attentes des différents destinataires (L. Schmoll 2011).

La participation à un projet de territoire et l'engagement des différentes parties prenantes sont multimodaux. Le déploiement des dispositifs dans les territoires ne devrait-il pas également l'être ? C'est ce que d'Aquino et Bah ont réalisé lors du déploiement multi-échelles de leur dispositif de simulation participative (d'Aquino et Bah 2014). Mais l'engagement vient aussi de ce que les parties prenantes peuvent faire en amont et en aval du déploiement du dispositif. En amont, les acteurs « *choisissent le sujet prioritaire sur lequel ils vont se pencher avec l'appui de la démarche* ». « *En aval, la mise en œuvre des résolutions auxquelles ils parviennent est de leur seul ressort. C'est ce qui provoque cet engagement profond de leur part. C'est ce qui provoque aussi la mobilisation, souvent*

bénévole, de ceux des techniciens, experts et universitaires locaux qui aspirent à une plus grande reconnaissance des acteurs locaux. Rassemblés par la même conviction sur la capacité de la méthode à soutenir et opérationnaliser des visions endogènes du développement, ils s'investissent d'eux-mêmes pour organiser les ateliers de simulation, et pour façonner ensuite les meilleures stratégies de mise en œuvre de leurs résolutions. » (d'Aquino 2015).

Pour parvenir à un tel engagement des différents acteurs, le DIL du dispositif est totalement intégré à une démarche participative à large échelle et multi-institutionnelle, qui s'appuie sur différents outils et méthodes issus de l'analyse stratégique et de la conduite du changement institutionnel (d'Aquino 2014, 2015, d'Aquino et Papazian 2014, d'Aquino et al. 2017). Ainsi, les leviers de l'engagement des acteurs dans le DIL d'un dispositif de simulation participative se confondent avec ceux des démarches participatives de manière générale. La question reste de savoir quelles sont les particularités de ces leviers par rapport à d'autres types de dispositifs de prospective participative.

9.4. Quel rôle dans les changements sociétaux et organisationnels des territoires ?

Les différents chapitres de cet ouvrage ont abordé la façon dont les simulations participatives sont utilisées pour provoquer des changements auprès des participants, ainsi qu'au sein des structures dans lesquelles elles sont déployées (par l'entremise de la percolation des effets sur les participants au sein des arènes d'actions). Du point de vue de la géographie sociale¹⁴³, ces changements sont d'ordre social, dans le sens où ils agissent sur les acteurs du territoire, sur leurs représentations et leurs rapports sociaux. Ces changements sont également d'ordre organisationnel, au sens où ils agissent sur les pratiques et les stratégies d'acteurs organisés du territoire¹⁴⁴.

Le territoire se doit d'être étudié comme un système complexe, où les dynamiques sociales sont tout aussi importantes que les dynamiques institutionnelles (da Silva 2015). L'individu, l'acteur social ou les

¹⁴³ La géographie sociale étudie comment les faits de société, les processus et les rapports sociaux, le jeu des acteurs publics et/ou privés, fabriquent, produisent et organisent l'espace (Rochefort 1983). Historiquement, elle étudie l'espace des pratiques sociales (Frémont et al. 1984). Pour cela, elle utilise des modèles conceptuels, comme les « formations socio-spatiales » faites de rapports sociaux, de systèmes de représentations et de pouvoir, dont la cohérence peut couvrir des territoires de différentes tailles, de l'aire locale à l'État-nation (Di Méo et Buléon 2005). Elle s'est réaffirmée plus récemment comme une géographie de l'action qui étudie les acteurs, les stratégies, les pratiques et les représentations de l'espace (Séchet et Veschambre 2006).

¹⁴⁴ Une organisation est entendue comme un construit social, formalisé et hiérarchisé, ayant une intentionnalité propre (non réductible à celles de ses composantes), constitué de membres (et d'éléments non-humains), muni d'un dispositif de pilotage et de régulation, ainsi que de mécanismes de coopération entre ses membres (Levy et Lussault 2013). L'organisation se distingue de l'institution. Cette dernière désigne un ensemble d'attributs d'une organisation qui assure à celle-ci sa légitimité, rigidité et stabilité (Levy et Lussault 2013). Ainsi, dans une institution, le pilotage et les mécanismes de régulation se réalisent au travers du contrôle social, de normes, de lois et de principes, qui sont exécutés par des instances d'autorité légitimes.

ensembles d'acteurs sociaux sont au centre du processus de construction du territoire (Moine 2006, Moine et Faivre 2014). En outre, le territoire est formé par l'adhésion d'individus et de collectifs à un projet commun lié à des activités économiques ou à un héritage culturel commun, renforçant les éléments d'identité et d'appartenance (Signoret 2011). Différemment des sciences politiques, qui portent leur attention sur les rapports de pouvoir et les collations, la géographie sociale étudie les jeux d'acteurs sous l'angle de l'action locale, de la consultation et de la revendication, et du rapport entre la sphère sociale et les équilibres des forces politiques qui s'opposent. Le développement territorial, qui peut aussi être vu comme un processus de transformation du territoire, implique alors quatre composantes interreliées : un ensemble d'acteurs sociaux ayant une certaine autonomie, un projet commun, un espace structuré et un système de régulation (Leloup 2010).

Comment la pratique de la simulation participative s'inscrit-elle dans un tel processus ? Quelle place les *policy games*, tels que décrit par Mayer et al. (2013), peuvent avoir dans les changements sociétaux et organisationnels des territoires ? C'est la question qui est traitée dans ce chapitre.

Pour aborder cette question, je montre dans un premier temps que la pratique de la simulation participative s'insère dans le cadre plus large des systèmes socio-écologiques proposé par Elinor Ostrom et d'autres chercheurs. Ce cadre interprétatif est le canevas dans lequel la simulation participative s'insère pour produire des changements dans les territoires. Différents champs d'application du cadre des socio-écosystèmes dans lesquels la simulation participative est utilisée, seront ainsi survolés.

Dans un deuxième temps, je dresse quelques constats sur les transformations actuellement à l'œuvre dans nos territoires et nos sociétés. J'examinerai alors le rôle que la simulation participative pourra jouer dans le monde qui se dessine aujourd'hui.

9.4.1. Accompagner les transitions

La simulation participative entre dans l'outillage d'une approche transformationnelle (van Bruggen 2017). Elle produit des capacités pour permettre aux acteurs et aux citoyens d'aborder la transition, tout en tenant compte des questions d'équité (Loudin 2019). Elle peut être, selon l'école de pensée dans laquelle s'inscrivent les porteurs de la démarche, l'outillage de l'institutionnalisme d'Ostrom (Chanteau et Labrousse 2013), de la solidarité écologique de Mathevet (Mathevet 2012), ou bien encore un instrument de la « self-governing capacity » étudiée par Ostrom dans ses travaux sur le fonctionnement des institutions. Un bon exemple de cet usage de la simulation participative est représenté par les actions de déploiement horizontal qui ont été initiées par d'Aquino à travers le kit TerriStories (d'Aquino 2015, 2016). Ces approches se retrouvent autour d'un cadre générique, les systèmes socio-écologiques.

9.4.1.1. Les systèmes socio-écologiques

L'un des cadres théoriques les plus mobilisés pour comprendre et analyser les changements dans les systèmes d'interaction humain-nature d'un même espace sont les systèmes socio-écologiques (Berkes et Folke 1998)¹⁴⁵. Dans les socio-écosystèmes, le système est un tout intégré comprenant de multiples agents sociaux et éléments biophysiques qui présentent un certain niveau de connectivité et d'interaction (Meadows 2008). Ostrom (2007) et ses collègues ont proposé de les caractériser selon quatre sous-systèmes : les usagers, les systèmes de gouvernance, les unités de ressources et les systèmes de ressources (*resource-settings*). Ces sous-systèmes co-évoluent dans le temps et l'approche des socio-écosystèmes propose de les analyser selon différents niveaux d'organisation spatio-temporelle. L'analyse est dès lors centrée sur les transformations et la variabilité des états du système socio-écologique (Mathevet et Couespel 2012). Le cadre interprétatif des systèmes socio-écologiques vient élargir le cadre d'analyse de l'« Institutional Analysis and Development » de l'économie institutionnelle d'Ostrom (Ostrom 2005). Avec les systèmes socio-écologiques, la conception systémique en différents niveaux d'organisations socio-économiques invite à penser deux niveaux en tension (Chanteau et Labrousse 2013, McGinnis et Ostrom 2014) : a) des unités d'analyse (ou unités d'action) intégrées dans un système plus étendu ; b) l'articulation de ces unités entre elles, alors qu'elles ont une certaine autonomie. Cette conceptualisation de la tension peut se rapporter à différentes échelles d'organisation : au couple individu/collectif, au couple agent/organisation, acteur/institution, sous-système/totalité du système sociotechnique d'administration de ressources communes, etc. Cette tension des couples se rapporte également au concept d'unités imbriquées (*nested units*), ou d'arènes d'actions imbriquées, déjà vues au Chapitre §5.4.1 (McGinnis et Ostrom 2010, McGinnis 2011).

Il est également intéressant dans cette conception d'unités imbriquées que l'individu (comme le collectif) ne peut se définir en lui-même, car il se construit en permanence par des processus de socialisation, c'est-à-dire des interactions historicisées avec les structures qu'il rencontre¹⁴⁶. Cette approche du lien entre individu et institution (qui s'inscrit pleinement dans la théorie de l'action située, contextualisée, instituée, etc.) conduit à une recherche compréhensive où « *il faut expliquer comment les institutions contraignent, permettent, inventent des conduites individuelles et des actions*

¹⁴⁵ Système socio-écologique ou « socio-ecological system » en anglais. Le terme de socio-écosystème est également utilisé de manière équivalente.

¹⁴⁶ Cette conception de l'individu comme un construit social apparaît également dans bien d'autres écrits, chacun la décrivant selon son point de vue disciplinaire : psychologie sociale chez Vygotsky et Piaget, concept d'incorporation chez Bourdieu, holindividualisme chez Chanteau, individualisme méthodologique complexe, individualisme enchevêtré, situationnel pour d'autres.

collectives, et comment les individus contribuent à faire évoluer ces institutions » (Chanteau et Labrousse 2013).

La Figure 52 représente le fonctionnement d'un socio-écosystème. Il s'agit d'une version adaptée d'un schéma élaboré par un groupe de travail¹⁴⁷ réuni à l'occasion d'ateliers de co-construction interdisciplinaire organisés par l'UMR LIENSs en 2019. Ce schéma a été construit pour représenter le fonctionnement d'un système littoral vu sous l'angle des systèmes socio-écologiques.

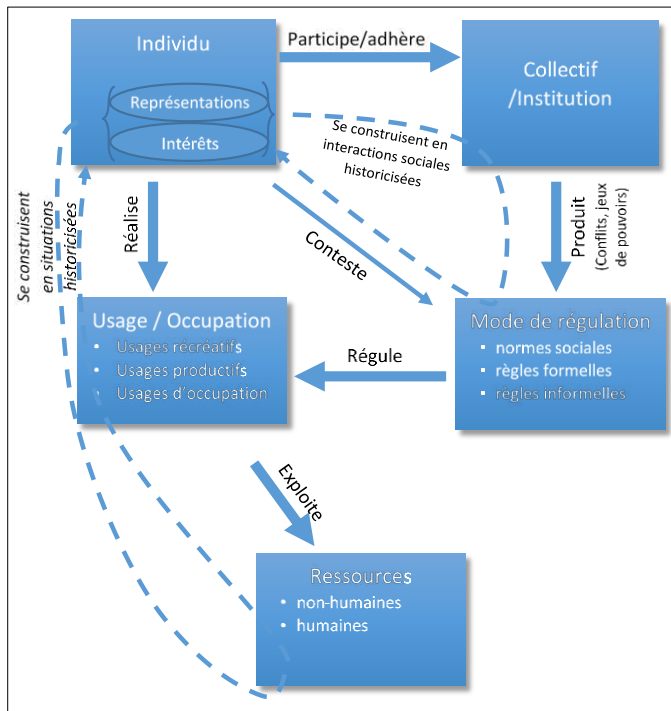


Figure 52 : Fonctionnement d'un socio-écosystème : des individus, des arènes d'actions, des usages et des ressources

Barreteau et al. ont réalisé une importante revue de la littérature pour comparer les concepts de système socio-écologique et de territoire (Barreteau et al. 2016). Leur analyse montre que les deux concepts se ressemblent à bien des égards, à savoir qu'ils proposent tous deux une vision systémique de l'interface nature-société. Ils se distinguent toutefois dans leur façon d'appréhender l'espace et la société. Les systèmes socio-écologiques appréhendent l'espace comme une dimension d'organisation des individus et des ressources. De son côté, la géographie sociale appréhende le territoire à la fois comme un espace social et un espace vécu, incluant des dimensions politique et idéologique à l'espace (Di Méo 1998). Dans leur approche de la société, les systèmes socio-écologiques cherchent à caractériser des usagers et des parties prenantes qui ont une relation stratégique à l'environnement (Ostrom 2007). La géographie s'intéresse, elle, à des individus qui agissent sur leur environnement,

¹⁴⁷ Le groupe de travail réunissait neuf personnes : Nicolas Becu, Alain Bouju, Jean Desmazes, François Lévêque, Nathalie Long, Camille Mazé, Alice Mazeaud, Emmanuelle Petit et Pierre Prétou.

habitent et construisent le territoire. Les auteurs montrent ainsi que si les deux concepts partagent de nombreux aspects conceptuels et méthodologiques, leur posture épistémologique diffère : le territoire vise à comprendre les humains dans leur environnement, alors que les socio-écosystèmes cherchent à comprendre la relation humain-nature en tant que système adaptatif complexe (Barreteau et al. 2016).

S'appuyant sur des travaux conduits par Christophe Sibertin-Blanc et ses collègues sur la plateforme de modélisation et simulation SocLab (Sibertin-blanc et al. 2013), da Silva propose une implémentation informatique et mathématique du territoire, vu comme un système complexe (da Silva 2015). Le modèle conceptuel du territoire qu'il utilise est proche de celui du socio-écosystème présenté ci-dessus, si ce n'est que l'acteur social est doté d'une capacité d'action propre, qu'il peut exercer dans la limite des contraintes établies par le système d'organisations auquel il appartient. Suivant son statut dans l'organisation, qu'il soit usager ou gestionnaire, sa capacité d'action varie, ainsi que le niveau de contrôle qu'il a sur la ressource, et sa dépendance à cette ressource. Ainsi, un gestionnaire sera peu dépendant d'une ressource mais pourra avoir un niveau de contrôle élevé sur elle, alors que l'utilisateur exploitera la ressource.

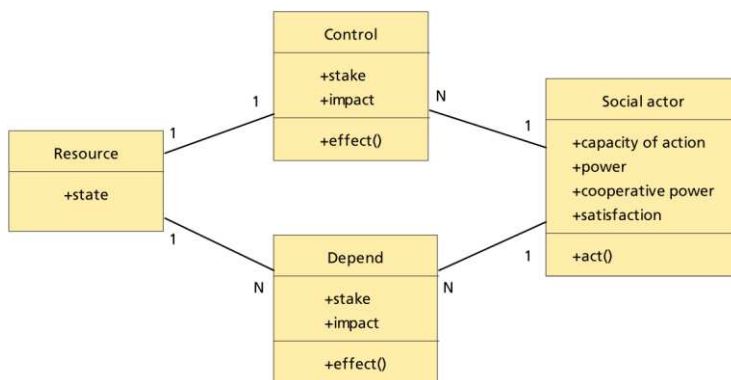


Figure 53 : Modèle conceptuel de la relation acteur-ressource dans le modèle de territoire (source : da Silva 2015, adapté de Sibertin-blanc et al. 2013)

L'implémentation mathématique du système de territoire réalisée par l'auteur permet de calculer la solution de l'équation correspondant à l'état d'équilibre du système. Il constate que, pour que le système de territoire soit à l'équilibre, il faut que la capacité d'action des usagers soit élevée, voire plus élevée que celle des gestionnaires.

Cet exercice théorique est intéressant, car il fait ressortir cette spécificité du territoire vu comme un système complexe, à savoir que dans le réseau d'acteurs et dans les relations de pouvoir du territoire, l'autonomie, la capacité d'action et d'organisation des usagers sont des facteurs qui comptent et qui participent aux changements.

9.4.1.2. Applications des systèmes socio-écologiques

Le cadre interprétatif des systèmes socio-écologiques, adossé à la pensée sur le territoire, possède un caractère générique qui permet son application à une grande diversité de cas d'analyse.

C'est ainsi par exemple que Barnaud et ses collègues l'appliquent pour analyser les interdépendances sociales au sein des services écosystémiques, pour ensuite proposer un cadre de recherche-action participative visant à produire de l'action collective (Barnaud et al. 2018). Dans leur approche, la simulation participative est mobilisée pour explorer collectivement des scénarios, mais surtout pour sensibiliser les acteurs des territoires à leurs interdépendances sociales et ainsi influencer leur volonté de s'engager dans un processus collectif.

De son côté, Raphaël Mathevet décrit le concept de solidarité écologique dans un ouvrage de synthèse publié en 2012 (Mathevet 2012). Au-delà du fait de solidarité, il définit la solidarité écologique d'action qui repose sur la volonté des individus de « vivre ensemble » avec la communauté du vivant au sein des territoires qu'ils habitent, « *jugeant de leurs actions ou non action selon leurs conséquences sur les composantes de cette communauté* ». Ici encore, l'emploi de la simulation participative dans une démarche de modélisation d'accompagnement est un instrument permettant aux habitants et aux usagers de mieux appréhender leurs interdépendances, à la différence qu'il s'agit ici des interdépendances avec la communauté du vivant.

L'analyse de la résilience¹⁴⁸ est un autre cadre d'application. Dans ce champ d'application, les auteurs analysent la façon dont les territoires, au travers de mécanismes complexes, tant physiques que socio-économiques, construisent leur résilience en réaction à des aléas (Duvat et al. 2016, 2018). Au-delà des facteurs de risque, ces recherches visent à identifier les acteurs, les ressources, les droits d'accès, les perceptions du risque et les capacités d'action pour comprendre les barrières à la réduction des risques et les freins et les leviers de l'adaptation (Goeldner-Gianella et al. 2019). Dans ce champ d'application, l'usage de la simulation participative peut servir à confronter les différentes représentations des acteurs sur le socio-écosystème et à explorer ensemble ses trajectoires d'évolution et d'adaptation (Bertrand et al. 2014, Mathevet et Bousquet 2014, Buchheit et al. 2016).

Ce cadre d'application est également proche de celui des trajectoires d'exposition et de vulnérabilité développé par Virginie Duvat et ses co-auteurs (Duvat et al. 2017). Dans cette approche, il s'agit dans un premier temps de reconstruire le récit des facteurs clés qui ont influencé l'exposition passée et présente du territoire et sa vulnérabilité aux impacts associés aux changements climatiques (Duvat

¹⁴⁸ Le GIEC définit la résilience comme « la capacité des systèmes sociaux, économiques ou écologiques à faire face aux événements dangereux, tendances ou perturbations, à y réagir et à se réorganiser de façon à conserver leurs fonctions essentielles, leur identité et leur structure, tout en maintenant leurs facultés d'adaptation, d'apprentissage et de transformation » (IPCC 2012).

2019). Puis, il s'agit d'identifier les maladaptations, les solutions inévitables et les trajectoires d'adaptation possibles (Magnan 2013, Magnan et al. 2016, Duvat et al. 2019, Duvat et Magnan 2019). Dans cette perspective, l'usage de la simulation participative pour l'appui à la conduite du changement peut permettre aux acteurs de mieux appréhender le devenir de leur territoire, afin qu'ils sortent de l'approche habituelle du « business as usual » et qu'ils s'approprient les implications multidimensionnelles du changement climatique (Magnan et Duvat 2018). Dans cette même perspective, la simulation participative peut aider à sensibiliser aux interdépendances entre l'homme et la nature, sachant que la perte de lien entre la société et l'environnement est l'un des facteurs qui participe à créer des situations d'exposition des populations aux risques naturels (Magnan et Duvat 2015).

Enfin, le cadre interprétatif des systèmes socio-écologiques est également appliqué à la conduite du changement dans l'espace public et aux interfaces science-société-décideur (van den Hove 2007, 2011, Sarkki et al. 2019, Houte et al. 2020). Là encore, la pratique de la simulation participative comme instrument de mise en débat des connaissances a toute sa place.

9.4.2. Quelle place dans les mutations de demain ?

9.4.2.1. État d'un monde de plus en plus scindé

Mon regard sur les évolutions actuelles de nos sociétés est centré autour des rapports humain-nature, qui représente la thématique privilégiée de mes recherches et de mes applications de la simulation participative.

Le constat de départ, partagé par la majorité des sciences humaines et sociales et par une partie des sciences de la vie et de la terre, est celui de l'ère de l'anthropocène, lorsque les activités humaines ont commencé à avoir une incidence globale significative sur l'écosystème terrestre (Crutzen 2006, 2007, Bonneuil et Fressoz 2013, Lewis et Maslin 2015). Au-delà de l'idée que les activités humaines ont une influence considérable sur les équilibres naturels, le concept d'anthropocène invite à penser les équilibres écologiques différemment d'auparavant (Beau et Larrère 2018). Dans l'anthropocène, l'idée selon laquelle la nature reprendra ses droits et que les équilibres écologiques seront restaurés au bout du compte, quelles que soient les actions anthropiques, n'est plus valable. L'humain a pris conscience de sa capacité et son pouvoir de provoquer des changements irréversibles sur les écosystèmes terrestres. Cette nouvelle forme de pouvoir (à côté du pouvoir financier, social, militaire, etc.) appelle bien entendu à la régulation des luttes de pouvoir et donc des groupes politiques.

L'écologie politique est née vers 1960. Après des débuts difficiles, le mouvement commence à avoir plus de résonance dans la sphère politique et médiatique à partir des années 2000 (Bourg et al. 2014).

Mais selon Dominique Bourg, ce n'est que très récemment que l'écologie commence à constituer un enjeu politique : « tant que la question du réchauffement ne serait pas accessible à nos sens, on ne bougerait pas » (Bourg 2019). Or, les signes de ce réchauffement climatique accessibles à nos sens se manifestent à présent (pour la France, vagues de chaleur estivale de 2003, 2015, 2017, 2018 et 2019, avancées des floraisons, des dates de semis et des récoltes, etc.). Il existe une prise de conscience sociétale du caractère urgent et dramatique de la situation, qui est à présent largement médiatisé (e.g. « L'affaire du siècle » qui commence en 2018, les discours de Greta Thunberg de 2018 et 2019, le recours en justice de septembre 2019 contre cinq pays, dont la France, pour inaction climatique et atteinte à la Convention de l'ONU sur les droits de l'enfant, etc.). La popularisation récente des thèses de l'effondrement en est une autre manifestation également. Ainsi, la conjonction des études scientifiques, qui continuent de décrire les facteurs contributifs et les conséquences des changements globaux, dont le récent rapport spécial du GIEC sur l'océan et la cryosphère (IPCC 2019), ainsi que les manifestations de ces changements qui sont à présent accessibles à nos sens, pourraient bouleverser le jeu politique.

Parallèlement, l'idée climato-sceptique, qui comporte différents courants (Godard 2010), continue de s'organiser et trouve un fort écho auprès des mouvements populistes qui se développent aux quatre coins de la planète et sont dans une dénégation totale des données et rapports scientifiques. Cette dénégation fait écho plus généralement au déni de la science, une tendance qui trouve un nouveau souffle ces dernières années dans nos sociétés (Mauron 2015a). Ce constat amène Dominique Bourg à considérer qu'un déchirement des sociétés, entre écologistes d'un côté et populisme de l'autre, est en train de s'ancrer dans le jeu politique : « je pense que la politique mondiale va évoluer vers une radicalisation de l'opposition entre ces deux forces, populistes versus écologistes » (Bourg 2019).

Accompagnant ces changements, les inégalités environnementales, décrites et étudiées dans les rapports du GIEC depuis 2007 (IPCC 2007), ainsi que dans le rapport Stern de 2006 (Stern 2006, Godard 2007), commencent à trouver un écho dans l'actualité politique. Ainsi, dans un récent rapport du Haut-Commissariat des Nations Unies aux droits de l'homme, le rapporteur spécial Philip Alston décrit un monde confronté à un risque d'« apartheid climatique », où les riches paient pour échapper à la chaleur et à la faim provoquées par l'escalade de la crise climatique alors que le reste du monde en souffre (Alston 2019).

Ces éléments de l'actualité politique décrivent donc un monde de plus en plus scindé, marqué par des inégalités et des asymétries de pouvoir fortes, des mouvements antiséculaires qui s'organisent au profit de prises de position idéologiques (d'Aquino 2016) et politiques (Mauron 2015b), et des rapports de force ainsi que des luttes d'influences politiques entre écologie et populisme de plus en plus exacerbés.

Cette scission d'ordre politique et idéologique s'accompagne également de transformations dans les rapports sociaux. Les systèmes ordinaires de régulation sociale tendent à s'effriter. Aujourd'hui par exemple, les régulations par proximité de voisinage sont moins présentes, en raison du cloisonnement de l'espace privé. Ce manque de pratique de la sociabilité s'accompagne d'une perte de la capacité des citoyens à régler les conflits par eux-mêmes. Les formes de résolution des conflits sont alors bien souvent d'ordre juridique, et s'accompagnent d'un durcissement des rapports sociaux. La perte de capacité sociale s'observe également dans le cloisonnement des services, qui est devenu la norme du management des organismes privés et publics. Or la scission des services, des compétences et des domaines académiques nous empêche de « penser en systèmes » ; elle est à l'opposé du *systems thinking*, plaidé par Linda Booth Sweeney comme étant un outil majeur des citoyens pour réussir la transition (Sweeney 2018).

9.4.2.2. Construire des futurs, dans le débat

Quelles réponses les philosophes, les sociologues et les historiens apportent aux mutations en cours de nos sociétés et de nos systèmes politiques ?

L'historien et sociologue Pierre Rosanvallon propose de son côté de constituer des académies du futur (Rosanvallon 2008). L'idée est de mettre en place des espaces de savoirs et de débat, dédiés aux enjeux de long terme et ayant pour tâche d'assurer le passage à une société économe de ressources. Ces académies du futur seraient composées de scientifiques en activité, dont les recherches sont dédiées à interroger le futur de nos territoires, par exemple à la manière des travaux sur les visions du futur et les trajectoires d'adaptation (Magan et Charpentier 2016, Duvat et al. 2017, Becu et al. 2019c). Ces académies du futur seraient adossées à des espaces de débat mobilisant les citoyens dans cette pensée sur le futur, ainsi qu'à une chambre haute, dévolue aux enjeux de long terme, et intervenant en amont ou en aval du vote des lois (Bourg et Whiteside 2010, Badré et al. 2011). Ces différentes instances constitueraient une véritable pluralisation des modalités d'expression - science, société, décision - et permettraient ainsi de réellement défendre le souci du long terme (Simonin 2018).

Déjà, ce type d'espace de réflexion et de dialogue commence à apparaître en France comme ailleurs. Le programme Cit'in , financé par le ministère de la Transition écologique et solidaire, et piloté par le Gis Démocratie et Participation, en est un exemple¹⁴⁹. Ouvert aux acteurs de la transition et aux acteurs de la recherche, il se construit comme une plateforme d'expérimentations démocratiques pour aider à penser le futur de la transition écologique. L'idée de cette plateforme est, d'une part, d'associer des ateliers de réflexion et des séminaires rassemblant les différents acteurs de la transition pour élaborer

¹⁴⁹ <https://www.cit-in.fr/>

un cadre de réflexion partagé sur la transition écologique, l'agir citoyen, les modes de construction du futur, etc. D'autre part, il s'agit de financer des projets d'expérimentation démocratique sur la façon dont les connaissances produites par les sciences du climat et de l'environnement sont remobilisées par les citoyens, et sont transformées en action. Cette attention portée sur les expérimentations démocratiques et l'agir citoyen vise à repenser le rapport science-société, en s'intéressant à des formes coopératives de recherche, dans lesquelles les acteurs de la transition écologique et les acteurs de la recherche pourraient s'engager.

Quelle place peut tenir la pratique de la simulation participative dans ces espaces ?

Face aux mutations en cours de nos sociétés, la simulation participative doit certainement rester un espace transitionnel entre un monde fictif, où l'on peut tester des interactions sans risque, et la réalité implacable où les actes ont des conséquences (Winnicott 1971b). Ce rôle d'espace transitionnel est certainement d'autant plus important dans notre société actuelle, qui offre de moins en moins de possibilités « *de l'explorer, de s'y aventurer, de tenter des expériences, car l'erreur n'est pas permise : on ne peut donc plus l'investir comme jeu.* ». (P. Schmoll 2011a). Les « doctrines bien-pensantes » se multiplient, défendant tantôt la cause écologique, la cause sociale, la cause du progrès, ou celle de défense de nos intérêts particuliers. Préserver des espaces de liberté de la pensée est peut-être la place que peut tenir la simulation participative dans ce contexte.

L'enjeu est alors de garder la pratique de la simulation participative comme espace de débat, un espace démocratique adapté aux systèmes complexes (Lukosch et al. 2018) et s'inscrivant dans une posture constructiviste, où la diversité des points de vue est acceptée, où l'on privilégie le débat à la posture, l'argumentation au jugement de valeurs, la réfutabilité des positions au fait d'asséner des valeurs (Kriz 2010, d'Aquino et Bah 2013, d'Aquino 2016). Construire, imaginer, explorer des futurs collectivement et en débattre ; c'est certainement également cette place que la pratique de la simulation participative vise à tenir dans les débats de la transition écologique.

La thèse en géographie sociale récemment soutenue par Clémence Moreau est un exemple de cette mise en débat appliquée au territoire (Moreau 2019). Dans ses travaux, Clémence Moreau déploie une simulation participative haptique, le jeu de rôles SECOLOZ (Moreau et al. 2019), pour interroger et mettre en débat les principales composantes décrites par Leloup (2010) comme étant constitutives de la notion de territoire :

- La composante l'espace structuré et socialement construit, que Moreau aborde au travers de la question : « *quelles sont les diverses représentations des dynamiques paysagères ?* »

- La composante des acteurs sociaux et autonomes, qui dans la thèse prend la forme des choix sociaux : Quels sont les mécanismes sous-jacents aux choix sociaux liés aux dynamiques paysagères ?
- La composante du système de régulation, pour laquelle Moreau s'interroge sur comment accompagner les acteurs vers des choix plus concertés, et déploie le dispositif de simulation participative SECOLOZ.

Penser la pratique de la simulation participative comme espace de débat amène à positionner cette pratique dans un autre registre que celui de l'usage des jeux sérieux, dont l'intention est souvent de transmettre un message. Le design d'une simulation participative peut inclure des messages mais leur mise en débat sera de mise, de même que le mensonge, la méfiance ou la confiance, les alliances et les compromis, car ils sont inhérents à l'action collective (Rouchier 2018). Ce rappel de l'intention participative de ces dispositifs est important, car lors du développement d'une simulation participative, les praticiens peuvent facilement retomber dans une posture normative d'éducateur, tant notre environnement culturel et scientifique est ancré dans la pensée positiviste. L'enjeu de la posture du praticien est également en rapport avec le rôle des interfaces science-décision, qui mettent en tension le court terme et le long terme, et la place de la connaissance dans les changements (van den Hove 2007, 2011). Lorsque le dispositif de simulation participative vise à mettre en débat des trajectoires futures sur le long terme, quelle posture le praticien adopte-t-il vis-à-vis de la construction de l'intérêt général ? Est-il dans une posture de neutralité dialogique ou peut-il adopter une posture de non-neutralité au nom de l'intérêt général ? De nouveaux modes d'interaction entre chercheurs, citoyens et décideurs sont encore à inventer par les sciences humaines et sociales pour répondre à ces défis.

Lexique

Ce lexique vise à lever certaines confusions dans l'usage des termes associés à la pratique de la simulation, et non à stabiliser les termes. Il est certain que les termes et les concepts continueront à se renouveler pour permettre l'innovation interdisciplinaire.

Dans certains cas, le terme est présenté en anglais et en français, avec une barre oblique entre les deux indiquant qu'il y a une équivalence de sens. Dans d'autres cas, le terme est présenté en anglais, car il n'existe pas d'équivalence en français actuellement.

A. *Game, play*, attitude et situation de jeu

Game / Structure de jeu : Le *game*, ou la structure de jeu, correspond au « système de règles que le joueur s'impose de respecter pour mener à bien son action » (Henriot 1989). Dans le cas de la pratique de la simulation participative, il me paraît pertinent de distinguer la « structure de jeu » de la « structure de la situation de jeu », cette dernière englobant d'autres composantes que le système de règles.

Situation de jeu / Situation ludique : La situation de jeu correspond à la situation dans laquelle le joueur se trouve à un instant T dans le jeu. La situation de jeu renvoie à la structure du jeu, à l'espace/temps du jeu et à l'attitude des autres joueurs. On parle de situation potentielle de jeu pour indiquer que c'est le joueur qui fait l'acte de jouer face à une situation de jeu donnée. Pour qu'il y ait jeu il faut que la situation de jeu et l'attitude de jeu se rencontrent.

Play / Activité de jouer : Le *play*, ou l'activité de jouer, correspond aux actions menées par celui qui joue.

Attitude ludique / Attitude de jeu : L'attitude ludique est une attitude particulière qu'adopte une personne face à une situation potentielle de jeu. « Pour jouer, il faut entrer dans le jeu. Pour entrer dans le jeu, il faut savoir que c'est un jeu. Il y a donc, de la part de celui qui se met à jouer, une compréhension préalable du sens du jeu. L'attitude ludique, comme toute attitude, se prend. Comme toute attitude, elle se comprend » (Henriot 1989). L'attitude ludique se prend, et se comprend, lorsque la personne entre dans le jeu.

Gameplay : renvoie à une façon de jouer qui est proposée au joueur par la structure de jeu. Le terme de *gameplay* est plutôt utilisé dans le domaine du jeu de divertissement. Les jeux vidéo proposent différents *gameplays*, qui dépendent des mécaniques de jeu et du comportement que l'on propose au joueur d'adopter.

B. Systèmes et domaines

Systeme multi-agents : Ensemble d'entités autonomes en interaction situées dans un environnement, douées d'un objectif et ayant des représentations de leur environnement (Ferber 1995)

Simulation and gaming : domaine de pratique et de recherche de la simulation jouée (ou *gaming/simulation* en anglais, cf. simulation jouée). Tous les auteurs en langue anglaise ne sont pas d'accord avec l'utilisation du terme « simulation and gaming » pour désigner le domaine, et préfèrent réserver ce terme pour désigner la pratique ou l'artefact. David Crookall, éditeur de la revue *Simulation & Gaming* de 1989 à 2015, utilise le terme « simulation/gaming » pour se référer au domaine ou à la discipline, et il réserve la dénomination « simulation & gaming » pour se référer à la revue du même nom (Crookall 2010).

C. Artefacts de jeu et simulation

Simulation jouée : une simulation jouée est une simulation (informatique ou non) dans laquelle des personnes, au travers de leurs actions, peuvent influencer le cours de la simulation. Ce faisant, ils construisent de nouvelles situations leur permettant d'explorer des futurs alternatifs (Duke 1974). Le terme « simulation jouée » est la traduction du terme « gaming/simulation » utilisé par Richard Duke dans son ouvrage de 1974 (dans cet ouvrage, il utilise de manière équivalente les termes de gaming, de simulation et de gaming/simulation pour se référer au type de dispositif ; il utilise également le terme de gaming/simulation pour se référer au mode de communication particulier du dispositif de jeu, capable d'appréhender le gestalt). En langue anglaise, on trouve également les termes de « gaming simulation », de « simulation-gaming », ou bien encore de « simulation/game » (la barre oblique indiquant qu'on peut utiliser l'un ou l'autre des termes) qui sont tous équivalents à la définition proposée par Duke. À ne pas confondre avec un « jeu de simulation » (cf. jeu de simulation).

Simulation participative : une simulation jouée dont l'intention est explicitement participative. La participation est entendue ici comme un partage du contrôle que nous avons sur les décisions qui nous affectent. La simulation participative se pratique lors de temps collectifs. Elle donne un cadre permettant aux participants de construire collectivement des idées, des abstractions (concepts, stratégies, plans...), qui leur sont bénéfiques. Elle intègre un modèle de simulation des interactions (cf. modèle de simulation), sous une forme informatisé et/ou haptique. Elle intègre des temps de debriefing permettant une prise de recul et un échange autour des objectifs du temps collectif définis au départ.

Jeu sérieux / *Serious game* : Les définitions du terme varient beaucoup. Tantôt le terme est réservé uniquement à des jeux informatisés, et tantôt il est utilisé également pour des jeux haptiques (qui

concernent le sens du toucher), aussi appelés jeux manuels. Parfois, le terme est utilisé pour faire référence au *serious gaming* (cf. *serious gaming*). Dans le cadre de cet ouvrage, un jeu sérieux est considéré comme un jeu informatisé qui a été explicitement développé à des finalités autres que le divertissement.

Jeu de rôles : Modèle permettant la mise en situation de joueurs, à l'aide de différents supports (cartes, monnaie, autres) et dispositifs qui les amènent à prendre des décisions d'action répétées dans le temps, en fonction du rôle qui leur est assigné, des contraintes qui leur sont imposées, et des interactions avec leur environnement physique et social. Cette mise en situation hypothétique permet de mieux comprendre les motivations qui justifient les comportements, et de discuter le lien entre le modèle joué et la réalité. Il s'agit d'une simulation de situations existantes dans le monde réel mais située hors de tout enjeu opérationnel immédiat. Ceci permet la prise de distance et la montée en généralité.

Modèle multi-agents : Un modèle informatique dynamique qui représente des acteurs et leur comportement (interactions entre acteurs et/ou avec d'autres parties du système de référence) dans le temps.

Modèle de simulation : Un modèle qui, lors de son exécution, représente le comportement dynamique de son système de référence, permettant ainsi à ses utilisateurs d'observer et d'échanger sur la manière dont le système de référence se développe dans le temps selon différents scénarios.

Jeu de simulation : Un jeu de simulation est un jeu de divertissement, généralement informatique, dont la mécanique principale est la simulation d'une activité (ex. gérer une ferme dans SimFarm, gérer un troupeau dans Vacheland, piloter un avion dans Flight Simulator). Un jeu de simulation peut être détourné (cf. *serious gaming*) dans un but éducatif. La traduction anglaise de « jeu de simulation » est « simulation game ». À ne pas confondre avec « gaming/simulation » (aussi appelé plus rarement « simulation-gaming ») (cf. simulation jouée).

D. Détournements du jeu et autres formes de jeu (et jouet) différentes de la simulation participative

Le *Serious Gaming* : processus de détournement d'un jeu vidéo par tous types de procédés, pour proposer des activités s'écartant du seul divertissement, afin de lui conférer une dimension utilitaire. Dans le domaine du « game-based-learning », on étudie la pratique du *serious gaming* utilisée dans un contexte éducatif.

Gamification : procédé qui consiste à attribuer un caractère ludique à des objets ou des contextes qui n'en possédaient pas initialement. Dans l'usage courant de la gamification, l'intention n'est ni éducative, ni participative. Quelques références donnent un aperçu des tenants et des aboutissants de la pratique (Simonnot 2008, Zichermann et Cunningham 2011, Bonenfant et Genvo 2014).

Jouet : Le jouet se distingue du jeu. Selon serious.gameclassification.com, le jouet se définit comme un dispositif ludique ne proposant aucun objectif explicite à accomplir, et n'évaluant pas la performance du joueur. Cela n'empêche pour autant pas le joueur de se fixer lui-même des objectifs s'il le désire. On peut aussi le définir comme un dispositif ludique ne comportant pas de système prédéfini de règles.

Jeu vidéo de divertissement : Lindley le définit comme une activité compétitive (contre un autre joueur, soi-même ou l'ordinateur) dirigée vers un but, et menée dans le cadre de règles convenues (Lindley 2004). Aujourd'hui, il existe des formes de jeu vidéo de divertissement moins compétitives, et plus créatives.

Gaming : Dans l'usage courant, le terme renvoie à l'activité de jouer à un jeu vidéo de divertissement. Dans le domaine du *simulation and gaming*, le terme prend un autre sens. Il renvoie à l'activité de jouer et se réfère autant à l'attitude du joueur qu'à l'environnement de jeu dans lequel il se situe.

E. Structure de la situation de jeu

Game design : Le *game design* correspond à la conception de la structure de la situation de jeu. Le but du *game design* est de communiquer l'idée de jeu à un utilisateur, par l'intermédiaire d'une structure, afin de lui faire adopter une attitude ludique (voir *gameplay*).

Composante de jeu : les composantes de jeu rassemblent tout ce qui structure la situation de jeu (cf. *game*). Elles sont définies lors du *game design* (cf. *game design*). Les composantes de jeu sont les joueurs, le modèle (cf. modèle de simulation), le système de règles (et ses mécaniques de jeu), les éléments de jeu, l'espace de jeu et le temps de jeu.

Matériel de jeu : le matériel de jeu est l'ensemble des éléments nécessaires pour réaliser le jeu. Il comprend les éléments de jeu, les éventuels dispositifs techniques et technologiques nécessaires à animer les éléments de jeu et les éventuels supports d'animation et/ou d'évaluation.

E.1 Système de règles, structure de jeu et mécaniques

Système de règles : ensemble des règles qui définissent la structure du jeu. Les règles sont mises en œuvre par des mécaniques de jeu (cf. mécanique de jeu).

Règle : une règle renvoie à un élément du système de règles.

Mécanique de jeu : procédé définissant la façon dont le joueur peut interagir avec des éléments du jeu ou avec d'autres joueurs. Une mécanique de jeu est associée à une règle de jeu.

Mécanisme de jeu : synonyme de mécanique de jeu.

Mécanismes de décision : façon dont les joueurs manipulent les règles de jeu et leurs mécaniques associées. Les joueurs peuvent transformer les règles de jeu, en inventant, en supprimant ou en modifiant les mécaniques, tout en restant dans le jeu.

E.2 Éléments de jeu

Élément de jeu : les éléments de jeu sont l'ensemble du matériel requis pour réaliser la structure de jeu. Dans un jeu non informatisé, les différents types d'élément de jeu sont le plateau, les pièces de jeu, les cartes, les dés, ou bien encore les tuiles. On peut également trouver d'autres éléments de jeu comme des paravents pour cacher les pions et les jetons. Les éléments de jeu sont associés à des mécaniques de jeu.

Plateau de jeu : élément de jeu sur lequel les pièces de jeu sont positionnées. Un plateau de jeu est une représentation d'un espace, ayant une composition (plusieurs sous-espaces) et une structure (arrangements spatiaux des composants). Par sa composition et sa structure, il participe au système de règles du jeu, en définissant la façon dont les pièces de jeu sont manipulées. La nature et la forme des plateaux de jeu varient énormément. Un plateau de jeu peut être tangible ou numérique. On parlera volontiers dans ce dernier cas d'interface de jeu. Un plateau de jeu peut représenter un espace réaliste à la manière d'une carte géographique, ou un espace abstrait (le plus minimaliste pouvant être un plateau composé de deux zones rectangulaires). Le plateau de jeu peut être commun aux différents participants, ou spécifique à certains participants (chacun ayant son propre plateau de jeu). De même, il peut y avoir plusieurs plateaux de jeu communs aux différents participants (chacun ayant un usage particulier), voire plusieurs plateaux spécifiques pour chacun des participants. La fonction de la multiplicité des plateaux de jeu est de proposer aux joueurs des cadres d'attention particuliers. Par exemple, dans le jeu LittoSIM (Becu et al. 2016a), sur une interface de jeu, le joueur manipule les éléments d'urbanisation du territoire ; sur une autre, il manipule les éléments de défense côtière.

Pièce de jeu : élément de jeu qui représente une entité et qui peut être situé dans l'espace de jeu. On peut distinguer deux types de pièces, les jetons (*token* en anglais), et les pions (*pawn* en anglais). Les jetons sont de forme plate (pour la plupart) alors que les pions sont en relief, et sont soit en forme de silhouette, soit de forme géométrique abstraite telle qu'un cube, un bâtonnet ou une boule. Il est courant d'utiliser les pions en forme de silhouette pour représenter des êtres vivants et des jetons ou des pions de forme abstraite pour représenter des ressources et/ou des objets. En outre, le pion peut servir d'avatar au joueur. Lorsqu'un pion qui sert d'avatar est en forme de silhouette, on l'appelle *meep* en anglais (la silhouette est souvent en forme de personnage, mais peut aussi être en forme d'animal, de robot, de train, etc.). À noter que les appellations et indications ci-dessus ne sont pas unanimement partagées. Certains appellent les pions de forme abstraite des jetons, de même que certains utilisent des jetons ou des pions de forme abstraite en guise d'avatar des joueurs.

Avatar : un avatar est une pièce de jeu, matérielle ou virtuelle, qui représente le joueur dans l'environnement de jeu. Le joueur est souvent le seul à pouvoir manipuler son avatar dans le jeu. Le joueur incarne l'avatar aux yeux des autres joueurs, c'est-à-dire que pour les autres joueurs, ce qui arrive dans la situation de jeu à un avatar affecte directement le joueur concerné, ou relève de sa responsabilité directe. À tout moment, un joueur peut rompre le lien entre lui et son avatar en sortant de la situation de jeu (« ce n'est pas moi, c'est mon pion ! »).

Rôle (profil de rôle) : dans le cas d'un jeu de rôle, le profil du rôle est l'un des éléments de jeu. Le profil de rôle se distingue de l'acte de jouer un rôle. L'acte de jouer un rôle est réalisé par un individu qui incorpore dans son jeu des éléments de sa personne qui dépassent le profil de rôle défini par la structure de jeu (Crookall et al. 1987). Le profil de rôle est une représentation d'une personne ou d'un groupe de personnes réel. Le niveau de description de ce profil varie du simple énoncé du titre du rôle à des descriptions donnant toutes les caractéristiques possibles de la personne réelle représentée par ce rôle.

E.3 Espace/temps du jeu

Espace de jeu : l'espace de jeu est le ou les lieux où le jeu se déroule. Il fait partie des composantes du jeu et des règles de jeu peuvent définir son utilisation. La configuration de l'espace de jeu délimite différents sous-espaces, qui peuvent être visibles les uns des autres ou non, éloignés ou proches, accessibles pour tous les joueurs ou non. Cette structuration des sous-espaces est utilisée la plupart du temps pour définir les espaces de communication et d'échange entre les joueurs. Deux salles contiguës peuvent représenter deux communautés de joueurs qui ne se rencontrent qu'occasionnellement. Un espace de jeu spécifique peut être réservé à une phase de jeu lors de laquelle les différentes équipes de jeu sont invitées à se mettre d'accord sur une stratégie commune. De même, lorsqu'un jeu comporte plusieurs équipes constituées chacune de plusieurs personnes, chacune peut se voir attribuer un espace dédié au sein duquel les membres de l'équipe peuvent communiquer sans se faire entendre des autres joueurs. Les différents sous-espaces de jeu sont matérialisés par différents moyens : des îlots de tables et de chaises, des éléments de séparation des espaces (marque au sol, mobilier, paravent, draps, murs, etc.) ou tout simplement par la distance. L'espace de jeu peut également ne pas être structuré. Il se définit alors uniquement par ses limites, qui peuvent être plus ou moins floues et perméables, au sein desquelles les joueurs évoluent librement.

Temps de jeu : un jeu peut se dérouler dans le temps d'une session ou au cours de plusieurs sessions espacées dans le temps.

F. Processus cognitifs et sociaux associés à l'usage du jeu

Réflexif : La pratique réflexive est un processus mental qui vise à apprendre à partir des expériences vécues, par un retour de la conscience sur elle-même, de manière régulière et volontaire, dans le but de prendre conscience de sa manière d'agir et de réagir, face à des situations environnementales et sociales.

Co-construction : Action de construire collectivement (avec toutes les parties prenantes) un projet, améliorer la compréhension d'un phénomène, résoudre un problème en tenant compte de la pluralité des points de vue, de la connaissance scientifique et empirique. La co-construction suppose l'élaboration de points de vue partagés par des acteurs en interaction.

Soft skill : Les *soft skills* sont des compétences non-techniques. Elles regroupent des compétences communicationnelles et d'organisation et des savoir-faire en matière de décision en groupe et d'action collective.

Inscription : Les inscriptions au sens de Latour (Latour 1985) sont des objets de toutes sortes (figure, diagramme, tableau, liste, silhouette, etc.) qui circulent dans un réseau d'acteurs (la communauté scientifique dans le cadre des travaux de Latour) et, ce faisant, renforcent la position argumentative des éléments qu'elles défendent. Une inscription doit être « mobile, immuable, présentable, lisible et combinable » pour convaincre la communauté à laquelle elle s'adresse.

Équipement : Un équipement au sens de Vinck (Vinck 2009) correspond, dans le cadre de la simulation participative, à un élément de design de l'artefact lui procurant la capacité de parler aux différents mondes sociaux auxquels il s'adresse. L'artefact joue alors un rôle médiateur en offrant des prises aux différents acteurs leur permettant de confronter leurs points de vue. Un équipement peut être une annotation sur un élément de jeu à laquelle les utilisateurs peuvent se rattacher, un ensemble d'interfaces interconnectées donnant à voir différentes représentations d'un même objet, ou tout autre élément permettant de rapprocher des concepts, de créer une intermédiation avec des acteurs hétérogènes.

G. Processus institutionnels et sociaux associés à la participation

Qualité de la participation : Mesure de la réussite d'un processus participatif à l'aide de critères qui renvoient à quatre concepts : l'inclusion (qui participe), la pertinence (à quoi sert la participation), la délibération (comment se déroule le processus aboutissant à la prise de décision) et l'équité (comment sont traités les participants). Ces critères sont le fruit d'une discussion académique (DicoPart 2019).

Changement social : Le changement social rassemble les transformations durables de l'organisation sociale ou de la culture d'une société, ou d'un collectif d'individus. Il affecte les conditions, les

modes de vie, ou encore l'univers mental des individus ; il modifie l'organisation sociale dans sa totalité ou dans certaines de ses composantes. Les changements sont d'ordres divers (économique, social, politique, culturel) et sont durables.

Changement institutionnel : Le changement institutionnel est un courant d'études en sociologie qui s'intéresse à la dimension organisationnelle du changement social. Il met de côté les dimensions de valeurs et de sens des institutions. L'étude du changement institutionnel s'intéresse principalement au changement avant/après, et met de côté l'analyse des processus ou des mécanismes de changement (Demailly et al. 2019).

Institution et organisation : une organisation est un collectif d'individus organisés entre eux par des règles de fonctionnement et d'interactions. Une institution est également constituée d'individus et de règles, mais elle porte également des valeurs et poursuit un objectif.

Posture d'accompagnement critique : une posture d'accompagnement correspond au positionnement et aux orientations de pilotage qu'un porteur de projet adopte en vue de produire les conditions favorables au partage des points de vue et des connaissances entre les participants, sur le sujet traité. La posture d'accompagnement critique, est un mode de pilotage « explicitement non neutre qui prend volontairement en compte les asymétries de pouvoir de façon à éviter que le processus n'accroisse les inégalités initiales » (Barnaud 2013).

H. Approche philosophique

Le positivisme est un courant de pensée philosophique fondé au XIXe siècle, et qui considère que tout peut être expliqué au moyen de la méthode scientifique, c'est-à-dire de l'observation suivie de l'expérimentation et conduisant à la définition scientifique des faits humains.

Le naturalisme est un courant de pensée du XIXe siècle, qui est le fruit du croisement entre le mouvement littéraire et artistique du réalisme et le courant de pensée philosophique du positivisme.

Le constructivisme, en philosophie des sciences et plus précisément en épistémologie, est une approche de la connaissance reposant sur l'idée que notre image de la réalité, ou les notions structurant cette image, sont le produit de l'esprit humain en interaction avec cette réalité, et non le reflet exact de la réalité elle-même. Ce courant de pensée se développe fin du XIXe, début du XXe siècle. En sociologie, il se traduira par le courant du constructivisme social qui s'intéresse à la manière dont les actions et les institutions construisent la réalité (Berger et Luckmann 1966).

Bibliographie

- Abrami, G., 2004. Niveaux d'organisation dans la modélisation multi-agents pour la gestion de ressources renouvelables. Application à la mise en œuvre de règles collectives de gestion de l'eau agricole dans la basse-vallée de la Drôme. Engref, Montpellier.
- Abrami, G., Aucante, M., Ducrot, R., Ferrand, N., Hassenforder, E., Noury, B., Robin, P., Aquae-gaudi, W., 2019. Formations à la construction collective de jeux : types d'apprentissages et place des supports numériques, in: Jeux et Enjeux.
- Abrami, G., Ferrand, N., Ducrot, R., Morardet, S., Hassenforder, E., Garin, P., Robin, P., Aquae-gaudi, W., 2016. Paper and pebbles simulations and modelling for the governance of socio-environmental systems: a review of 8 years of experimenting with the Wat-A-Game toolkit, in: 8th International Congress on Environmental Modelling and Software.
- Abrami, G., Ferrand, N., Morardet, S., Murgue, C., Popova, A., De Fooij, H., Farolfi, S., du Toit, D.R., Aquae-Gaudi, W., 2012. Wat-A-Game, a toolkit for building role-playing games about integrated water management, in: iEMSs 2012 - Managing Resources of a Limited Planet: Proceedings of the 6th Biennial Meeting of the International Environmental Modelling and Software Society. p. 1912-1919.
- Abspoel, L., Mayer, I.S., Keijser, X., Warmelink, H., Fairgrieve, R., Ripken, M., Abramic, A., Kannen, A., Cormier, R., Kidd, S., 2019. Communicating Maritime Spatial Planning: The MSP Challenge approach. Mar. Policy 0-1. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.02.057>
- Abt, C., 1970. Serious games. Viking, New York, NY, U.S.A.
- Aiguié, G., 2017. De la logique compétence à la capacitation : vers un apprentissage social de l'éthique. *Éthique Publique* 19. <https://doi.org/10.4000/ethiquepublique.2907>
- Allport, G.W., 1935. Attitudes, in: Murchison, C. (Éd.), *Handbook of social psychology*. Clark University Press, Worcester, p. 788-884.
- Alston, P., 2019. Climate Change & Poverty: Report of the Special Rapporteur on extreme poverty and human rights, United Nations Office of the High Commissioner. <https://doi.org/CAT/C/MAR/CO/4>
- Alvarez, J., 2018. Approche atomique du jeu vidéo : Briques Gameplay 3.0. Ludosciences Editions.
- Alvarez, J., 2007. Du jeu vidéo au serious game. Approches culturelle, pragmatique et formelle. Université TOULOUSE II - Toulouse le Mirail, Université TOULOUSE III - Paul Sabatier.
- Alvarez, J., Dessort, F., Vermeulen, M., Plantec, J.-Y., 2012. Generic SG : plateforme d'édition générique de serious games pour les universités numériques thématiques et l'enseignement supérieur, Rapport d'étude.
- Alvarez, J., Djaouti, D., 2010. Introduction aux serious games /An introduction to serious games. *Questions Théoriques*.
- Alvarez, J., Djaouti, D., Ghaïessel, J.-P., Methel, G., 2006. Morphological study of the video games, in: International Conference on Games Research and Development. Perth, Australia, p. 33-43.
- Alvarez, J., Djaouti, D., Jessel, J.-P., Methel, G., Molinier, P., 2007. Morphologie des jeux vidéo, in: H2PTM'07 (Collaborer, Echanger, Inventer : Expériences de réseaux). Hermes Science, Hammamet, Tunisie. <https://doi.org/978-2-7462-1891-8>
- Amalric, M., Anselme, B., Becu, N., Delay, E., Marilleau, N., Pignon-Mussaud, C., Rousseaux, F., 2017. Sensibiliser au risque de submersion marine par le jeu ou faut-il qu'un jeu soit spatialement réaliste pour être efficace ? *Sci. du jeu* 8, 1-22. <https://doi.org/10.4000/sdj.859>
- Anselme, B., Becu, N., Haëntjens, E., Pech, P., Simon, L., 2016. TEPOS – Un jeu pour atteindre l'autonomie énergétique, in: Colloque - L'urbanisme, l'architecture et le jeu. Lille, France.
- Anselme, B., Defossez, S., Durand, P., Elineau, S., Goeldner-Gianella, L., Longépée, E., Lerma, A.N., 2015. Approche intégrée et opérationnelle du risque de submersion marine sur une commune littorale, in: Vulnérabilité des littoraux méditerranéens face aux changements environnementaux contemporains. Sfax, Tunisie.
- Argyris, C., Schön, D. a., 1996. Organizational learning II. Theory, method, and practice, Theory method and practice. Addison-Wesley, San Francisco.
- Association ComMod, 2013. La modélisation d'accompagnement : fondements et éthique d'une démarche de concertation pour un développement durable .
- Autissier, D., Vandangeon-Derumez, I., Vas, A., 2014. Conduite du changement : concepts clés. Dunod, Paris.
- Babin, D., Le Page, C., 1997. Co-animation d'une session de jeu de rôles FishBanks, in: Managing Pluralism for Sustainable Forestry and Rural Development. FAO, Rome, Italy.
- Bachelard, G., 1938. La formation de l'esprit scientifique, La formation de l'esprit scientifique. Librairie philosophique Vrin.
- Bacqué, M.-H., Rey, H., Sintomer, Y., 2005. Gestion de proximité et démocratie participative: une perspective comparative. *Découverte*.
- Badré, M., Bourg, D., Brunetière, J.R., Gadrey, J., Grandjean, A., Perret, B., Villalba, B., Rosanvallon, P., 2011. Les droits de l'avenir : Comment prendre des décisions de long terme ? *Esprit* 373, 205-235.
- Baird, J., Plummer, R., Haug, C., Huitema, D., 2014. Learning effects of interactive decision-making processes for climate change adaptation. *Glob. Environ. Chang.* <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.019>
- Ballet, J., Mahieu, F.-R., 2009. Capabilité Et Capacité Dans Le Développement : Repenser La Question Du Sujet Dans L'Uvre D'Amartya Sen. *Rev. Tiers Monde* 198, 303. <https://doi.org/10.3917/rtm.198.0303>
- Banos, A., 2013. Pour des pratiques de modélisation et de simulation libérées en géographie et SHS. Université Paris 1 - Panthéon-Sorbonne.
- Banos, A., 2010. La simulation à base d'agents en sciences sociales : une « béquille pour l'esprit humain »? *Nouv. Perspect.*

- en Sci. Soc. 5, 91-100. <https://doi.org/10.7202/044078ar>
- Banos, A., Sanders, L., 2013. Modéliser et simuler les systèmes spatiaux en géographie, in: Varenne, F., Silberstein, M. (Éd.), *Modéliser & simuler: Epistémologies et pratiques de la modélisation et de la simulation*. Paris.
- Barbier, R., Larrue, C., 2011. Démocratie environnementale et territoires : un bilan d'étape. *Participations* 2011, 67-104.
- Barnaud, C., 2013. La participation, une légitimité en question. *Natures Sci. Sociétés* 21, 23-34. <https://doi.org/10.1051/nss/2013062>
- Barnaud, C., Corbera, E., Muradian, R., Salliou, N., Sirami, C., Vialatte, A., Choisis, J.P., Dendoncker, N., Mathevet, R., Moreau, C., Reyes-García, V., Boada, M., Deconchat, M., Cibien, C., Garnier, S., Maneja, R., Antona, M., 2018. Ecosystem services, social interdependencies, and collective action: A conceptual framework. *Ecol. Soc.* 23. <https://doi.org/10.5751/ES-09848-230115>
- Barnaud, C., D'Aquino, P., Daré, W., Fourage, C., Mathevet, R., 2010a. Dispositifs participatifs et asymétries de pouvoir : expliciter et interroger les positionnements, in: Colloque OPDE (Outils pour décider ensemble) 2010 « Aide à la décision et gouvernance ». Montpellier.
- Barnaud, C., D'Aquino, P., Daré, W., Fourage, C., Mathevet, R., Trébuil, G., 2010b. Les asymétries de pouvoir dans les processus d'accompagnement, in: Etienne, M. (Éd.), *La modélisation d'accompagnement : une démarche participative en appui au développement durable*. Quae Editions, Versailles, p. 125-151.
- Barnaud, C., d'Aquino, P., Daré, W., Mathevet, R., 2016. Dispositifs participatifs et asymétries de pouvoir : expliciter et interroger les positionnements. *Participations* 16, 137-166. <https://doi.org/10.3917/parti.016.0137>
- Barnaud, C., Le Page, C., Dumrongrojwathana, P., Trébuil, G., 2012. Spatial representations are not neutral: Lessons from a participatory agent-based modelling process in a land-use conflict. *Environ. Model. Softw.* 45, 150-159. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.11.016>
- Barnaud, C., Promburom, P., Gurung, T.R., Le Page, C., Trébuil, G., 2006. Companion modelling for collective learning and action in water management: Lessons learnt from three case studies in northern Thailand and Bhutan, in: *International Symposium « Towards Sustainable Livelihoods and Ecosystems in Mountainous Regions »*. Chiang Mai, Thailand, p. 13 p.
- Barnaud, C., Van Paassen, A., 2013. Equity, Power Games, and Legitimacy: Dilemmas of Participatory Natural Resource Management. *Ecol. Soc.* 18, 1-12.
- Barreteau, O., 2007. Modèles et processus de décision collective : entre compréhension et facilitation de la gestion concertée de la ressource en eau. Université Paris-Dauphine.
- Barreteau, O., 2003. The joint use of role-playing games and models regarding negotiation processes: characterization of associations. *J. Artif. Soc. Soc. Simul.* 6, 1-22.
- Barreteau, O., 1998. Un Système Multi-Agent pour explorer la viabilité des systèmes irrigués: dynamique des interactions et modes d'organisation. *Sci. l'Eau. ENGREF*, Montpellier.
- Barreteau, O., Antona, M., d'Aquino, P., Sigrid, A., Boissau, S., Bousquet, F., Daré, W., Etienne, M., Le Page, C., Mathevet, R., Trébuil, G., Weber, J., 2003a. Our Companion Modelling Approach. *J. Artif. Soc. Soc. Simul.* 6, Online: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/1.html>.
- Barreteau, O., Bots, P.W.G., Daniell, K.A., 2010a. A framework for clarifying "participation" in participatory research to prevent its rejection for the wrong reasons. *Ecol. Soc.* 15, 22. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2010\)15\[22:AFCC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2010)15[22:AFCC]2.0.CO;2)
- Barreteau, O., Bots, P.W.G., Daniell, K.A., Etienne, M., Perez, P., Barnaud, C., Bazile, D., Becu, N., Castella, J.-C., Dare, W., Trébuil, G., 2013. Participatory approaches and simulation of social complexity, in: Edmonds, B., Meyer, R. (Éd.), *A Handbook on Simulating Social Complexity*. Springer Verlag, p. 197-234. https://doi.org/10.1007/978-3-540-93813-2_10
- Barreteau, O., Bousquet, F., 1999. Jeux de rôles et validation de systèmes multi-agents. *Ingénierie des systèmes multi agents* 67-80.
- Barreteau, O., Bousquet, F., Attonaty, J.-M., 2001. Role-Playing games for opening the black box of MAS: method and teachings of its application to Senegal River Valley irrigated systems. *J. Artif. Soc. Soc. Simul.* 4, Online: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/4/2/5.html>.
- Barreteau, O., Bousquet, F., Etienne, M., Souchère, V., D'Aquino, P., 2010b. La modélisation d'accompagnement : une méthode de recherche participative et adaptative, in: Etienne, M. (Éd.), *La modélisation d'accompagnement : une démarche participative en appui au développement durable*. Quae Editions, Versailles, p. 21-46.
- Barreteau, O., Giband, D., Schoon, M., Cerceau, J., DeClerck, F., Ghiotti, S., James, T., Masterson, V.A., Mathevet, R., Rode, S., Ricci, F., Therville, C., 2016. Bringing together social-ecological system and territoire concepts to explore nature-society dynamics. *Ecol. Soc.* 21. <https://doi.org/10.5751/ES-08834-210442>
- Barreteau, O., Le Page, C., D'Aquino, P., 2003b. Role-playing games, models and negotiation processes. *J. Artif. Soc. Soc. Simul.* 6, 2-5.
- Barreteau, O., Le Page, C., Perez, P., 2007. Contribution of simulation and gaming to natural resource management issues: An introduction. *Simul. Gaming* 38, 185-194. <https://doi.org/10.1177/1046878107300660>
- Beau, R., Larrère, C., 2018. *Penser l'Anthropocène*. Presses de Sciences Po.
- Beckerman, W., 1974. *In Defence of Economic Growth*. St. Martin's Press, London, England.
- Becu, N., 2015a. ComMod : la modélisation comme outil d'accompagnement du SAGE [WWW Document]. GEST'EAU. URL <http://www.gesteau.fr/document/commod-la-modelisation-comme-outil-daccompagnement-du-sage>
- Becu, N., 2015b. Stakeholder approaches to validation of computer simulation of socioecological systems, in: *How to Build Trust in Computer Simulations: Towards a General Epistemology of Validation*. Hannover.

- Becu, N., 2006. Identification et modélisation des représentations des acteurs locaux pour la gestion des bassins versants. Université de Montpellier 2.
- Becu, N., Amalric, M., Anselme, B., Beck, E., Bergossi, P., Bertin, X., Delay, E., Marilleau, N., Pignon-Mussaud, C., Long, N., Rieu, G., Rousseaux, F., 2019a. LittoSIM : une simulation interactive pour expérimenter des stratégies alternatives de prévention du risque de submersion marine, in: Journées REFMAR 2019. La défense, France.
- Becu, N., Amalric, M., Anselme, B., Beck, E., Bergossi, P., Delay, E., Marilleau, N., Pignon-Mussaud, C., Rousseaux, F., 2019b. Participatory simulations with decision makers on coastal flooding prevention: what did they learn?, in: ISAGA conference. Warsaw.
- Becu, N., Amalric, M., Anselme, B., Beck, E., Bertin, X., Delay, E., Long, N., Manson, C., Marilleau, N., Pignon-Mussaud, C., Rousseaux, F., 2016a. Participatory simulation of coastal flooding : building social learning on prevention measures with decision-makers, in: 8th International Congress on Environmental Modelling and Software. Toulouse, France, p. 1167-1178. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.09.003>
- Becu, N., Amblard, F., Brax, N., Gaudou, B., Marilleau, N., 2015a. Vers des modèles multi-acteurs, in: Banos, A., Lang, C., Marilleau, N. (Éd.), Simulation spatiale à base d'agents avec NetLogo 1 : introduction et bases. ISTE editions, p. 199-223.
- Becu, N., Bommel, P., Botta, A., Le Page, C., Perez, P., 2010a. Les technologies mobilisées pour l'accompagnement, in: Etienne, M. (Éd.), La modélisation d'accompagnement : une démarche participative en appui au développement durable. Quae Edition, Versailles, p. 183-201.
- Becu, N., Bommel, P., Botta, A., Le Page, C., Perez, P., 2010b. Perception des technologies mobilisées pour l'accompagnement, in: Etienne, M. (Éd.), La modélisation d'accompagnement : une démarche participative en appui au développement durable. Quae Edition, p. 144-162.
- Becu, N., Bommel, P., Bousquet, F., Le Page, C., 2013. Cormas : une plateforme de développement de simulations multi-agents participatives pour l'appui à la gestion concertée, in: Des outils libres pour la conception et l'analyse de simulations à base d'agents - SimTools 2013. Paris (France).
- Becu, N., Bommel, P., Le Page, C., 2016b. Participatory simulation and learning process : technology matters !, in: 8th International Congress on Environmental Modelling and Software. Brigham Young University-BYU ScholarsArchive, Toulouse, France.
- Becu, N., Bommel, P., Le Page, C., Bousquet, F., 2016c. Cormas, une plate-forme multi-agent pour concevoir collectivement des modèles et interagir avec les simulations, in: Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents (JFSMA). Cépaduès Editions, Saint-Martin du Vivier (Rouen), France.
- Becu, N., Bousquet, F., Barreteau, O., Perez, P., Walker, A., 2003a. A methodology for eliciting and modelling stakeholders' representations with agent based modelling. *Lect. Notes Artif. Intell.* 2927, 131-148.
- Becu, N., de Coninck, A., Barataud, F., Guérin Schneider, L., 2014a. Recommandations sur la mise en œuvre de démarches de modélisation d'accompagnement dans le cadre de SAGEs : Document de synthèse du groupe de réflexion « ComMod & SAGE ».
- Becu, N., de Coninck, A., Taleb Heidi, M., Abdallahi Ould Inejih, C., Dionnet, M., Rougier, J.-E., Leteurtre, E., Chavance, P.N., Bouzouma, M., 2016d. Construction de compromis autour d'une démarche d'accompagnement à la mise en place du plan d'aménagement courbine en Mauritanie. *Vertigo - la Rev. électronique en Sci. l'environnement* 16.
- Becu, N., Frascaria-Lacoste, N., Latune, J., 2015b. Experiential learning based on the NewDistrict asymmetric simulation game: results of a dozen gameplay sessions, in: Hybrid Simulation & Gaming in the Networked Society: The 46th ISAGA Annual Conference. Kyoto, Japan, p. 6-19-84-6-19-90.
- Becu, N., Frascaria-Lacoste, N., Latune, J., 2015c. Reliability of participatory modeling and simulation tools: the case of NewDistrict participatory simulation, in: 4ème Université de la Chaire éco-conception. Paris.
- Becu, N., Frascaria-Lacoste, N., Latune, J., 2014b. Distributed Asymmetric Simulation - Enhancing Participatory Simulation Using the Concept of Habitus, in: Kriz, W.C., Eiselen, T., Manahl, W. (Éd.), ISAGA 2014: The shift from teaching to learning: Individual, Collective and Organizational Learning through Gaming Simulation. Bertelsmann, Dornbirn, Austria, p. 75-85.
- Becu, N., Neef, A., Schreinemachers, P., Sangkapitux, C., 2008. Participatory computer simulation to support collective decision-making: Potential and limits of stakeholder involvement. *Land use policy* 25, 498-509.
- Becu, N., Perez, P., Walker, A., Barreteau, O., Le Page, C., 2003b. Agent based simulation of a small catchment water management in northern Thailand Description of the CATCHSCAPE model. *Ecol. Modell.* 170, 319-331. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(03\)00236-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(03)00236-9)
- Becu, N., Rodle, N., Rey-Valette, H., Amalric, M., Balouin, Y., Bazeart, C., Beck, E., Bertin, X., Bertrand, F., Bousquet, F., Costa, S., Hardy, P.-Y., Lautredou-Audouy, N., Long, N., Meur-Férec, C., Mineo-Kleiner, L., Rieu, G., Salles, D., Vye, D., 2019c. Les littoraux français face au changement climatique : typologie et variables clés pour des trajectoires d'adaptation à moyen-long terme, in: Rencontre SHF - Littoral et changement climatique. Paris, France.
- Becu, N., Rulier, M., 2018. Aménager le littoral submersible ? Un jeu pour explorer le futur possible des stratégies d'aujourd'hui. *Klima* 1.
- Becu, N., Sangkapitux, C., Neef, A., Kitchaicharoen, J., Elstner, P., 2006. Participatory simulation sessions to support collective decision: the case of water allocation between a Thai and a Hmong village in northern Thailand, in: International Symposium « Towards Sustainable Livelihoods and Ecosystems in Mountainous Regions ». Chiang Mai, Thailand.
- Becu, N., Weigel, J.-Y., 2011. Définition du système de valeurs utilisé dans le modèle de simulation multi-agents du processus de gouvernance des AMP et élaboration d'un questionnaire pour calibrer ce système de valeurs par rapport à une AMP

- cible (Parc National du Banc d'Arguin).
- Benders, R., Kok, R., 1999. DoMUS a model to communicate energy issues in households Paper to be presented at the Conference : Towards a sustainable society in the new millennium , in DoMUS a model to communicate energy issues in households (International Simulation and Gaming Asso.
- Berger, P.L., Luckmann, T., 1966. The social construction of reality: A treatise in the sociology of knowledge, Sociological Analysis. Anchor Books. <https://doi.org/10.2307/3710424>
- Bergossi, P., 2017. LittoSIM, un dispositif d'accompagnement de la gestion du risque de submersion - Effets et apprentissages auprès des acteurs de l'île d'Oléron. Université de La Rochelle, La Rochelle.
- Berkes, F., Folke, C., 1998. Linking social and ecological systems : management practices and social mechanisms for building resilience. Cambridge University Press.
- Berry, A., Becu, N., Lapijover, A., Deysson, H., 2019a. Expérimenter par un jeu sérieux des compromis entre acteurs à travers l'usage des savoirs locaux pour une gestion durable des écosystèmes marins, in: OCEANEXT. Nantes, France.
- Berry, A., Becu, N., Papoulias, N., Long, N., Vye, D., 2019b. Geranium: A multi-factorial simulation to reflect on several scales the energy performance of a neighbourhood, in: ISAGA conference. Warsaw.
- Berthet, E.T.A., Barnaud, C., Girard, N., Labatut, J., Martin, G., 2016. How to foster agroecological innovations? A comparison of participatory design methods. *J. Environ. Plan. Manag.* 59, 280-301. <https://doi.org/10.1080/09640568.2015.1009627>
- Bertrand, F., Anselme, B., Becu, N., 2014. Silting analysis and risk management in the bay of antonina, brazil. the insights of a companion modelling approach. *Bull. d'Association Geogr. Fr.* 91.
- Blasko-Drabik, H., Blasko, D.G., Lum, H.C., Erdem, B., Ohashi, M., 2013. Investigating the Impact of Self-Efficacy in Learning Disaster Strategies in an On-Line Serious Game. *Proc. Hum. Factors Ergon. Soc. Annu. Meet.* 57, 1455-1459. <https://doi.org/10.1177/1541931213571325>
- Blikstein, P., Wilensky, U., 2004. MaterialSim : An Agent-Based Simulation Toolkit for Learning Materials Science, in: International Conference on Engineering Education. Orlando, p. 1-16.
- Boltanski, L., Thévenot, L., 1991. De la justification. Les économies de la grandeur. Gallimard, Paris.
- Bommel, P., 2009. Définition d'un cadre méthodologique pour la conception de modèles multi-agents adaptée à la gestion des ressources renouvelables. Université Montpellier II-Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, France.
- Bommel, P., Becu, N., Bonté, B., Delay, E., Le Page, C., 2018a. Cormas in 10 years!, in: CoMSES Net virtual conference.
- Bommel, P., Becu, N., Bonté, B., Delay, E., Le Page, C., Morales, H., Papoulias, N., Stinckwich, S., 2018b. CORMAS, a participatory and interdisciplinary Agent Based Simulation Platform, in: European Smalltalk User Group. Cagliari, Italy, p. 2018.
- Bommel, P., Becu, N., Le Page, C., Bousquet, F., 2015. Cormas, an Agent-Based simulation platform for coupling human decisions with computerized dynamics, in: ISAGA 2015: Hybrid Simulation and Gaming in the Network Society. Springer, p. 1-25.
- Bommel, P., Dieguez, F., Bartaburu, D., Duarte, E., Montes, E., Machín, M.P., Corral, J., De Lucena, C.J.P., Grosskopf, H.M., 2014. A Further Step Towards Participatory Modelling. Fostering Stakeholder Involvement in Designing Models by Using Executable UML. *J. Artif. Soc. Soc. Simul.* 17, 6.
- Bonenfant, M., Genvo, S., 2014. Une approche située et critique du concept de gamification. *Sci. du jeu* 2. <https://doi.org/10.4000/sdj.286>
- Bonneuil, C., Fressoz, J.-B., 2013. L'événement anthropocène : la Terre, l'histoire et nous. Seuil.
- Boullier, D., 2008. Le Web immersif. *Quaderni* 66, 67-80. <https://doi.org/10.3406/quad.2008.1848>
- Bourdieu, P., 1980. Le sens pratique. Editions de minuit , Paris.
- Bourg, D., 2019. Urgence écologique, la prise de conscience. Rencontre avec Dominique Bourg. *Sci. Hum. Hors-série.*
- Bourg, D., Fragnière, A., Frumer, B., Trierweiler, D., Roullon, P., 2014. La pensée écologique une anthologie. Presses universitaires de France.
- Bourg, D., Whiteside, K., 2010. Vers une démocratie écologique. Le citoyen, le savant et le politique. Seuil.
- Bourlès, C., 1989. CHERNOBYL: a game of negotiations under stress, in: Klabbers, J.H.G., Takkenberg, C.A.T., Scheper, W.J., Crooltall, D. (Éd.), *Simulation-Gaming: On the Improvement of Competence in Dealing with Complexity, Uncertainty and Value Conflicts.* Pergamon, p. 325. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-11132-7>
- Bousquet, F., Bakam, I., Proton, H., Le Page, C., 1998. CORMAS: common-pool resources and multi-agent systems. *Lect. notes Artif. Intell.* 1416, 826-838.
- Bousquet, F., Barreteau, O., D'Aquino, P., Etienne, M., Boissau, S., Aubert, S., Le Page, C., Babin, D., Castilla, J.-C., 2002. Multi-agent systems and role games: collective learning processes for ecosystem management, in: Janssen, M.A. (Éd.), *Complexity and Ecosystem Management: The Theory and Practice of Multi-agent Approaches.* Edward Elgar Publishers, Cheltenham, U.K. / Northampton, Mass., p. 248-285.
- Bousquet, F., Barreteau, O., Mullon, C., Weber, J., 1996a. Modélisation d'Accompagnement : Systèmes Multi-Agents et Gestion des Ressources Renouvelables., in: Colloque international « Quel environnement au 21ème siècle ? Environnement, maîtrise du long terme et démocratie », GERMES. Paris.
- Bousquet, F., Barreteau, O., Weber, J., 1995. Systèmes multi-agents et couplage des modèles biophysiques et socio-économiques, in: Reyniers, F.-N., Benoit-Cattin, M. (Éd.), *Couplage de modèle en agriculture.* CIRAD, Montpellier, p. 91-97.
- Bousquet, F., Cambier, C., Mullon, C., Morand, P., 1993. Simulating the interaction between a society and a renewable resource. *Biol. Syst.*

- Bousquet, F., Duthoit, Y., Proton, H., Le Page, C., Weber, J., 1996b. Tragedy of the commons, games theory and spatial simulation of complex systems. *Ecol. Econ.*
- Bousquet, F., Gautier, D., Le Page, C., Green, C.T.E., 1999. Resource management and scale transfer: the contribution of multiagent systems, in: Suan, P.K., Hoanh, C.T. (Éd.), *Scaling Methodologies in Ecoregional Approaches for Natural Resources Management*. IIRI Press, Ho Chi Minh City, Viet Nam, p. 61–67.
- Bouvier, P., Lavoué, E., Sehaba, K., 2014. Defining Engagement and Characterizing Engaged-Behaviors in Digital Gaming. *Simul. Gaming* 45, 491-507. <https://doi.org/10.1177/1046878114553571>
- Bouvier, P., Sehaba, K., Lavoué, E., George, S., 2013. Approche qualitative pour identifier et qualifier l'engagement des joueurs {à} partir de leurs traces d'interaction. Actes la conférence IC 2013 1-16.
- Boyle, E.A., Connolly, T.M., Hainey, T., 2011. The role of psychology in understanding the impact of computer games. *Entertain. Comput.* 2, 69-74. <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2010.12.002>
- Boyle, E.A., Connolly, T.M., Hainey, T., Boyle, J.M., 2012. Engagement in digital entertainment games: A systematic review. *Comput. Human Behav.* 28, 771-780. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2011.11.020>
- Boyle, E.A., Hainey, T., Connolly, T.M., Gray, G., Earp, J., Ott, M., Lim, T., Ninaus, M., Ribeiro, C., Pereira, J., 2016. An update to the systematic literature review of empirical evidence of the impacts and outcomes of computer games and serious games. *Comput. Educ.* 94, 178-192. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2015.11.003>
- Bracken, P., 1977. Unintended Consequences of Strategic Gaming. *Simul. Games.* <https://doi.org/10.1177/003755007783001>
- Bredemeier, M.E., Rotter, N.G., Stadskev, R., 1981. "The Academic Game" as a Frame Game. *J. Exp. Learn. Simul.* 3, 73-83.
- Breton, P., 1990. Une histoire de l'informatique. Le Seuil, Paris.
- Brogère, G., 2017. Qu'apprend-on en jouant à l'école ?, in: Canopé Lyon Podcasts, réseau de création et d'accompagnement pédagogiques. Lyon.
- Brogère, G., 2015. Jeu et apprentissage à l'école maternelle : mythe ou réalité ?, in: Anzou-Caillemet, T., Juhel, N., Loret, M. (Éd.), *Jeu et temporalité dans les apprentissages*. Retz, Paris, p. 139-156.
- Brogère, G., 2013. Jacques Henriot et les sciences du jeu ou la pensée de Villeteuse. *Sci. du jeu* 1. <https://doi.org/10.4000/sdj.202>
- Brogère, G., 2012. Le jeu peut-il être sérieux ? Revisiter Jouer/Apprendre en temps de serious game. *Aust. J. Fr. Stud.* 49, 117-129. <https://doi.org/103828/AJFS20123>
- Brogère, G., 2010. Formes ludiques et formes éducatives. *Jeu apprentissage, quelles relations?* 43-62.
- Brogère, G., 2005. *Jouer/Apprendre*. Anthropos, Paris.
- Brogère, G., 1995. *Jeu et éducation*. L'Harmattan.
- Buchheit, P., d'Aquino, P., Ducourtieux, O., 2016. Cadres théoriques mobilisant les concepts de résilience et de vulnérabilité. *Vertigo - la Rev. électronique en Sci. l'environnement* 16, 1-30.
- Bura, S., 2008. *Emotion Engineering: A Scientific Approach For Understanding Game Appeal*. Gamasutra - Art Bus. Mak. Games.
- Bura, S., 2006. *A Game Grammar [WWW Document]*. URL <http://www.stephanebura.com/diagrams/>
- Burton, M.A., 1989. Experiences with the Irrigation Management Game. *Irrig. Drain. Syst.* 3, 217-228. <https://doi.org/10.1007/BF01112806>
- Caillois, R., 1958. *Les jeux et les hommes*. Gallimard, Paris.
- Callon, M., 1986. Eléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc. *L'année Sociol.* 36, 169-208.
- Callon, M., Lascoumes, P., Barthe, Y., 2001. *Agir dans un monde incertain: essai sur la démocratie technique, La couleur des idées*. Le Seuil, Paris.
- Campo, P.C., 2011. Companion Modelling Implementation and Institutional Analysis Framework: A case study in Palawan, Philippines. *Géographie Hum. économique régionale. Université Paris Ouest Nanterre-La Défense, Paris*.
- Campo, P.C., Bousquet, F., Villanueva, T.R., 2010. Modelling with stakeholders within a development project. *Environ. Model. Softw.* 25, 1302-1321. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.01.005>
- Campo, P.C., Mendoza, G.A., Guizol, P., Villanueva, T.R., Bousquet, F., 2009. Exploring management strategies for community-based forests using multi-agent systems: A case study in Palawan, Philippines. *J. Environ. Manage.* 90, 3607-3615. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.06.016>
- Carmeli, A., Brueller, D., Dutton, J.E., 2009. Learning behaviours in the workplace: The role of high-quality interpersonal relationships and psychological safety. *Syst. Res. Behav. Sci.* <https://doi.org/10.1002/sres.932>
- Caron, P., Champagnat, R., 2014. Actes des 5ièmes rencontres des Jeunes Chercheurs en Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. La Rochelle.
- Carre, C., Haghe, J.-P., de Coninck, A., Becu, N., Deroubaix, J.-F., Pivano, C., Flipo, N., Le Pichon, C., Tallec, G., 2014. How to integrate scientific models in order to switch from flood control river management to multifunctional river management? *Int. J. River Basin Manag.* 12, 231-249. <https://doi.org/10.1080/15715124.2014.885439>
- Carron, T., 2011. Observation dans les environnements informatiques pour l'apprentissage humain. Université de Savoie.
- Carron, T., Marty, J.-C., 2011. Améliorer la motivation dans les environnements d'apprentissage basés sur le jeu. *Rev. d'Intelligence Artif.* 25, 223-251. <https://doi.org/10.3166/ria.25.223-251>
- Castella, J.-C.J.-C., Trung, T.N., Boissau, S., 2005. Participatory simulation of land-use changes in the northern mountains of Vietnam: the combined use of an agent-based model, a role-playing game, and a geographic information system. *Ecol. Soc.* 10, 27.

- Chanteau, J.P., Labrousse, A., 2013. L'institutionnalisme méthodologique d'Elinor Ostrom au-delà des communs : quelques enjeux et controverses. Congrès l'AFEP 2013 0-35.
- Chapoutot, J.-J., Topalov, C., 1972. *Easy builder : simulation jouée de la promotion immobilière*. DGRST - Centre de sociologie urbaine, Paris.
- Charles, M., Chlou-Ducharme, F., Faugère, E., Wintz, M., 2008. Science et démocratie dans la gestion de la nature: des ethno-sociologues pris dans la modélisation d'accompagnement. *Vertigo-la Rev. électronique en Sci. l'environnement*.
- Chavance, P.N., Dionnet, M., Abdallahi Ould Inejih, C., Bouzouma, M., Taleb Heidi, M., Leteurtre, E., Camara, L., Becu, N., Ould Mohamed Mahmoud, E., Rougier, J.-E., 2013. Mise en place d'une démarche ComMod pour accompagner la mise en place du plan d'aménagement de la Courbine en Mauritanie, in: *Exploitation et conservation des écosystèmes aquatiques : une question d'échelle*. Association Française d'Haliéutique, Bordeaux-Pessac, France.
- Chin, J., Duke, R.D., Gamson, W., 2009. Assessment in Simulation and Gaming: a review of the last 40 years. *Simul. Gaming* 40, 553-568. <https://doi.org/10.1177/1046878109332955>
- Chlou-Ducharme, F., Gourmelon, F., 2011. Modélisation d'accompagnement : appropriation de la démarche par différents partenaires et conséquences : Expérience originale en milieu côtier. *Vertigo* 11, <http://vertigo.revues.org/12163>.
- Ciuce, C., Leigh, E., Kanegae, H., 2009. The development of a frame-game designed for organizational change management processes, in: Bagdonas, E., Patasiene, I. (Éd.), *Games: virtual worlds and reality*. Kaunas: Technologija, p. 233-236.
- Clais, J.-B., Roustan, M., 2003. « Les jeux vidéo, c'est physique! » Réalité virtuelle et engagement du corps dans la pratique vidéoludique, in: Roustan, M. (Éd.), *La pratique du jeu vidéo : réalité ou virtualité ?* L'Harmattan, Paris.
- Clapper, T.C., 2016. The Way Forward for Simulation & Gaming (S&G). *Simul. Gaming* 47, 3-6. <https://doi.org/10.1177/1046878116633349>
- Clark, D.B., Tanner-Smith, E.E., Killingsworth, S.S., 2016. Digital Games, Design, and Learning. *Rev. Educ. Res.* 86, 79-122. <https://doi.org/10.3102/0034654315582065>
- CNUED, 1992. Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement durable. Rio.
- Cole, S., Freeman, C., Jahoda, M., Pavitt, K., 1973. Models of doom: A critique of The Limits to Growth. *Model. doom A Crit. Limits to Growth*. <https://doi.org/CBLibrary-fut>
- Committee on Facilitating Interdisciplinary Research, 2004. *Facilitating Interdisciplinary Research*. National Academies Press, Washington, DC.
- ComMod, 2009. La posture d'accompagnement des processus de prise de décision : les références et les questions transdisciplinaires, in: Hervé, D., Laloë, F. (Éd.), *Modélisation de l'environnement : entre natures et sociétés*. Quae éditions, Versailles, p. 71-89.
- ComMod, C., 2005. La modélisation comme outil d'accompagnement. *Natures Sci. Sociétés* 13, 165-168.
- Cosens, B.A., 2013. Legitimacy, adaptation, and resilience in ecosystem management. *Ecol. Soc.* 18. <https://doi.org/10.5751/ES-05093-180103>
- Couvet, D., Teyssède, A., 2013. Sciences participatives et biodiversité : de l'exploration à la transformation des socio-écosystèmes. *Cah. des Amériques Lat.* 49-64. <https://doi.org/10.4000/cal.2792>
- Crookall, D., 2014. Engaging (in) Gameplay and (in) Debriefing. *Simul. Gaming* 45, 416-427. <https://doi.org/10.1177/1046878114559879>
- Crookall, D., 2012. The founding of modern simulation/gaming: S&G and ISAGA four decades on. *Simul. Gaming* 43, 5-14. <https://doi.org/10.1177/1046878112437916>
- Crookall, D., 2010. Serious Games, Debriefing, and Simulation/Gaming as a Discipline. *Simul. Gaming* 41, 898-920. <https://doi.org/10.1177/1046878110390784>
- Crookall, D., 2000. Editorial: Thirty years of interdisciplinarity. *Simul. Gaming* 31, 5-21. <https://doi.org/10.1177/104687810003100101>
- Crookall, D., 1992. Editorial: Debriefing. *Simul. Gaming* 23, 141-142.
- Crookall, D., Martin, A., Saunders, D., Coote, A., 1986. Human and computer involvement in simulation. *Simul. Gaming* 17, 345-375. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Crookall, D., Oxford, R., Saunders, D., 1987. Towards a reconceptualization of simulation: From representation to reality. *Simulation/Games Learn.* 17, 147-171.
- Crookall, D., Thorngate, W., 2009. Acting, Knowing, Learning, Simulating, Gaming. *Simul. Gaming* 40, 8-26.
- Crozier, M., Friedberg, E., 1977. *L'acteur et le système : les contraintes de l'action collective*. Seuil, Paris.
- Crutzen, P.J., 2007. La géologie de l'humanité : l'anthropocène. *Ecol. Polit.* 34, 141-148.
- Crutzen, P.J., 2006. The "Anthropocene", in: *Earth System Science in the Anthropocene*. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, p. 13-18. https://doi.org/10.1007/3-540-26590-2_3
- Csikszentmihályi, M., 1990. *Flow: The psychology of optimal experience*. Harper and Row, New York.
- d'Aquino, P., 2016. TerriStories, un jeu au service de l'invention collective dans les politiques publiques. *Animat. Territ. Prat. Sociocult.* 10, 71-80.
- d'Aquino, P., 2015. Élaboration participative de règles collectives de gestion des ressources naturelles et du foncier. Des effets durables, de l'échelle locale jusqu'à l'échelle nationale. *Perspectives (Montclair)*. 33, 1-4.
- d'Aquino, P., 2014. An impact-oriented management of knowledge for project design and monitoring.
- d'Aquino, P., Ba, A., Bourgoin, J., Cefai, D., Richebourg, C., Hopsort, S., Pascutto, T., 2017. Du savoir local au pouvoir central : un processus participatif sur la réforme foncière au Sénégal. *Natures Sci. Sociétés* 25, 360-369. <https://doi.org/10.1051/nss/2018001>
- d'Aquino, P., Bah, A., 2014. Multi-level participatory design of land use policies in African drylands: A method to embed

- adaptability skills of drylands societies in a policy framework. *J. Environ. Manage.* 132, 207-219. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.11.011>
- d'Aquino, P., Bah, A., 2013. A bottom-up participatory modelling process for a multi-level agreement on environmental uncertainty management in West Africa. *J. Environ. Plan. Manag.* 56, 271-285. <https://doi.org/10.1080/09640568.2012.665361>
- d'Aquino, P., Barreteau, O., Etienne, M., Boissau, S., Aubert, S., Bousquet, F., Le Page, C., Daré, W., 2002. The Role Playing Games in an ABM participatory modeling process: outcomes from five different experiments carried out in the last five years. p. 24-27.
- d'Aquino, P., Etienne, M., Barreteau, O., Le Page, C., Bousquet, F., 2001a. Jeux de rôle et simulations multi-agents, in: Malézieux Eric (ed.) Jaeger Marc (ed.), T.G. (ed. . (Éd.), *Modélisation des agroécosystèmes et aide à la décision*, Repères. CIRAD, D'Aquino, Patrick [CIRAD-TERA-SAV (SEN)]; Etienne, Michel [INRA (FRA)]; Barreteau, Olivier [CEMAGREF (FRA)]; Le Page, Christophe [CIRAD-TERA-ERE (FRA)]; Bousquet, François [CIRAD-TERA-ERE (THA)] SE - CIRAD-TERA-SAV (SEN); INRA (FRA); CEMAGREF (FRA); CIRA, p. 373-390.
- d'Aquino, P., Le Page, C., Bousquet, F., 2001b. Accompanying governing processes in land use management with linking role playing games, GIS and MAS: The SelfCormas experiment in the Senegal river valley, in: *Workshop « Agent Based Models in Land Use and Land Cover Change »*. CSISS-CIPEC, Univ. Santa Barbara.
- d'Aquino, P., Le Page, C., Bousquet, F., Bah, A., 2003. Using self-designed role-playing games and a multi-agent system to empower a local decision-making process for land use management: The SelfCormas experiment in Senegal. *J. Artif. Soc. Simul.* 6.
- d'Aquino, P., Papazian, H., 2014. An Inclusionary Strategy Reaching Empowering Outcomes Ten Years after a Two-Year Participatory Land Uses Management. *Environ. Manag. Sustain. Dev.* 3, 154. <https://doi.org/10.5296/emsd.v3i2.6595>
- d'Aquino, P., Richebourg, C., 2015. Participation : le paradoxe d'un dialogue à l'Autre, in: *Chercheur.e.s et acteur.e.s de la participation : Liaisons dangereuses et relations fructueuses*. Saint-Denis.
- da Silva, M.A.S., 2015. The territory as a complex social system, in: Furtado, B.A., Sakowski, Patricia, A.M., Tovolli, Marina, H. (Éd.), *Modeling complex systems for public policies*. ipea, p. 363-396.
- Daniau, S., 2016. The Transformative Potential of Role-Playing Games--: From Play Skills to Human Skills. *Simul. Gaming* 47, 423-444. <https://doi.org/10.1177/1046878116650765>
- Daré, W., 2005. *Comportements des acteurs dans le jeu et dans la réalité: indépendance ou correspondance ? Analyse sociologique de l'utilisation de jeux de rôles en aide à la concertation pour la gestion de l'eau (vallée du fleuve Sénégal)*. Thèse. Engref, Paris (France).
- Daré, W., Aubert, S., Bah, A., Botta, A., Diop-Gaye, I., Fourage, C., Leclerc, G., Lajoie, G., 2008. Difficultés de la participation en recherche-action: retour d'expériences de modélisation d'accompagnement en appui à l'aménagement du territoire au Sénégal et à la Réunion. *VertigO-la Rev. électronique en Sci. l'environnement* 8.
- Daré, W., Ducrot, R., Botta, A., Etienne, M., 2009. *Repères méthodologiques pour la mise en œuvre d'une démarche de modélisation d'accompagnement*. Cardère éditions, Laudun.
- Daré, W., Van Paassen, A., Ducrot, R., Mathevet, R., Queste, J., Trébuil, G., Barnaud, C., Lagabrielle, E., 2010. Apprentissage des interdépendances et des dynamiques, in: Etienne, M. (Éd.), *La modélisation d'accompagnement : une démarche participative en appui au développement durable*. Editions Quæ, p. 223-250.
- de Coninck, A., 2015. Faire de l'action publique une action collective : expertise et concertation pour la mise en oeuvre des continuités écologiques sur les rivières périurbaines. Université Paris Est.
- de Coninck, A., Deroubaix, J.-F., Carré, C., Becu, N., Haghe, J.-P., Hubert, G., 2015. Confronter et recomposer les représentations pour concilier des politiques environnementales antagonistes. L'implication de la communauté scientifique dans la mise en débat de la continuité écologique sur Grand Morin, in: Philippe, B., Frédérique, B., Bertrand, D., Saqalli Mehdi (Éd.), *Environnement, politiques publiques et pratiques locales*. L'Harmattan, p. 95-120.
- de Coninck, A., Deroubaix, J.-F., Carré, C., Becu, N., Haghe, J.-P., Hubert, G., 2013a. Discussing and reconstructing representations to reconcile antagonistic environmental policies. *Colloq. « Dynamiques environnementales, Polit. publiques Prat. locales quelles Interact. ? »*
- de Coninck, A., Deroubaix, J.-F., Carré, C., Becu, N., Tallec, G., Flipo, N., Pivano, C., Haghe, J.-P., Le Pichon, C., Mouchel, J.-M., Hubert, G., 2013b. Les modèles déterministes dans la territorialisation de la politique de rétablissement de la continuité écologique des cours d'eau. Le cas des Deux Morin, in: Loumagne, C., Tallec, G. (Éd.), *L'observation long terme en environnement. Exemple du bassin versant de l'Orgeval*. Quæ, Versailles, p. 309-324.
- de Maillard, J., 2010. Apprentissage, in: *Dictionnaire des politiques publiques, Références*. Presses de Sciences Po, Paris, p. 68-75.
- de Maillard, J., 2002. Les nouvelles politiques socio-urbaines contractuelles entre conflits et apprentissages. *Politix* 15, 169-191. <https://doi.org/10.3406/polix.2002.1246>
- de Maillard, J., Külber, D., 2015. *Analyser les politiques publiques*. Presses Universitaires de Grenoble, Grenoble.
- Deci, E.L., Ryan, R.M., 1985. *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior*. Plenum, New York. <https://doi.org/10.2307/2070638>
- Degnan, D.A., 1972. Simulation Review - METRO-APEX: An Urban-Based Gaming Simulation. *Simul. Gaming* 3, 89-97. <https://doi.org/10.1177/104687817800900409>
- Delage, M., Le Néchet, F., Louail, T., Mathian, H., Rey-Coyrehourcq, S., 2009. Simulation d'accessibilité dans la ville et expérience pédagogique : le modèle AccesSim, in: *Neuvièmes rencontres Théoquant*.
- Delay, E., 2015. *Réflexions géographiques sur l'usage des systèmes multi agents dans la compréhension des processus*

- d'évolution des territoires viticoles de fortes pentes : le cas de la Côte Vermeille et du Val di Cembra.
- Delay, E., Becu, N., 2017. Overcoming the final frontier of climate change in viticulture: exploring interactions between society and environment using Agent Based Modelling and Companion Modelling approaches, in: Ollat, N., Touzard, J.M., Garcia de Cortazar-Atauri, I., Quénel, H., van Leeuwen, C. (Éd.), Sustainable grape and wine production in the context of climate change. *Vigne&Vin Internationales*, p. 204-212.
- Demailly, L., Giuliani, F., Maroy, C., 2019. Le changement institutionnel : processus et acteurs. Introduction du Dossier « Le changement institutionnel ». *SociologieS* 0-16.
- den Haan, R.J., van der Voort, M.C., 2018. On evaluating social learning outcomes of serious games to collaboratively address sustainability problems: A literature review. *Sustain.* 10, 15-17. <https://doi.org/10.3390/su10124529>
- Desmazes, J., 2019. Qu'est-ce que les sciences de gestion ont à faire et à dire dans un projet pluridisciplinaire de modélisation systémique du littoral ?, in: Séminaire LIENSs, Modélisation systémique du Littoral. La Rochelle.
- Di Méo, G., 1998. De l'espace aux territoires : éléments pour une archéologie des concepts fondamentaux de la géographie. *Inf. Geogr.* 62, 99-110. <https://doi.org/10.3406/ingeo.1998.2586>
- Di Méo, G., Buléon, P., 2005. *L'Espace social, Lecture géographique des sociétés*. Armand Colin.
- Diallo, T., 2013. Co-construction de scénarios d'aménagement de la rivière du Grand Morin par les riverains de la commune de Mouroux (Seine et Marne) : quels effets en termes de participation et de sensibilisation. Université Paul Sabatier, Toulouse 3.
- DicoPart, 2019. Dictionnaire critique et interdisciplinaire de la participation. DicoPart.
- Direction de la Sécurité Civile, 2011. Exercices de sécurité civile : Guide méthodologique sur les exercices cadre et terrain.
- Djaouti, D., Alvarez, J., Jessel, J.-P., Methel, G., Molinier, P., 2008. A Gameplay Definition through Videogame Classification. *Int. J. Comput. Games Technol.* <https://doi.org/10.1155/2008/470350>
- Djaouti, D., Alvarez, J., Jessel, J.-P., Methel, G., Molinier, P., 2007. Towards a classification of video games, in: Artificial and Ambient Intelligence Conference (AISB'07). Bristol.
- Djaouti, D., Alvarez, J., Jessel, J., Rampnoux, O., 2011. Origins of Serious Games, in: Ma, M., Oikonomou, A., Jain, L.C. (Éd.), Serious games and edutainment applications. p. 25-43. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2161-9>
- Donnerer, D., 2018. Les « Serious games » : une révolution pour l'action climatique locale ? [WWW Document]. URL http://www.energy-cities.eu/Les-Serious-games-une-revolution-pour-l-action-climatique-locale-5196?pmv_nid=2 (consulté le 10.16.18).
- Dormans, J., 2011. Beyond Iconic Simulation. *Simul. Gaming* 42, 610-631. <https://doi.org/10.1177/1046878111426963>
- Dray, A., Le Page, C., 2017. ReHab : un jeu pour faire prendre conscience de l'importance de la communication pour une gestion concertée des ressources naturelles renouvelables, in: Rencontres Jeux et Enjeux. Université de La Rochelle, La Rochelle.
- Dreyer, M., Renn, O., 2011. Participatory approaches to modelling for improved learning and decision-making in natural resource governance: An editorial. *Environ. Policy Gov.* 21, 379-385. <https://doi.org/10.1002/eet.584>
- Drogoul, A., Corbara, B., Lalande, S., 1995. MANTA: new experimental results on the emergence of (artificial) societies, in: Gilbert, N., Conte, R. (Éd.), *Artificial societies*. UCL Press, p. 190-211.
- Drogoul, A., Vanbergue, D., Meurisse, T., 2003. Simulation Orientée Agent: où sont les agents. Actes des Journées Rochebrune, Rencontres Interdiscip. sur les systèmes complexes Nat. Artif.
- Ducrot, R., Botta, A., D'Aquino, P., Antona, M., Abrami, G., Farolfi, S., Muller, J.-P., Lagabriele, E., Le Page, C., 2010a. Changement d'échelle et niveaux d'organisation multiples, in: Etienne, M. (Éd.), *La modélisation d'accompagnement. Une démarche participative en appui au développement durable*. Quae Editions, p. 251-275.
- Ducrot, R., Bueno, A.K., Barban, V., Reydon, B.P., 2010b. Integrating land tenure, infrastructure and water catchment management in São Paulo's periphery: Lessons from a gaming approach. *Environ. Urban.* 22, 543-560. <https://doi.org/10.1177/0956247810380168>
- Duke, R.D., 2011. Origin and evolution of policy simulation: A personal journey. *Simul. Gaming* 42, 342-358. <https://doi.org/10.1177/1046878110367570>
- Duke, R.D., 1980. A paradigm for game design. *Simul. Games* 11, 364-377.
- Duke, R.D., 1976. *The HEX game*. University of Michigan, Ann Arbor.
- Duke, R.D., 1974. *Gaming: The future's language*. SAGE, London.
- Duke, R.D., 1966. *M.E.T.R.O. A gaming simulation*. Michigan State University, Institute for Community Development, East Lansing.
- Duke, R.D., 1964. *Gaming-simulation in urban research*. Michigan State University Press, East Lansing.
- Duke, R.D., Geurts, J., 2004. *Policy Games for strategic management*. Rozenberg Publishers.
- Dupont, H., Gourmelon, F., Rouan, M., Le Viol, I., Kerbiriou, C., 2015. Modélisation d'accompagnement en gestion conservatoire : expérimentation au sein du réseau français Natura 2000. *Rev. Int. géomatique* 25, 495-514. <https://doi.org/10.3166/RIG.25.495-514>
- Dupuy, G., 1970. Contribution à une méthode de planification urbaine : un exercice de simulation urbaine CLUG. Publication des recherches urbaines, Paris.
- Dupuy, G., La Brunetière, J. de, Cauzard, J.-P., 1972. Un jeu de simulation APEX (air pollution exercice) : compte-rendu d'une mission de traduction et d'adaptation. CEREAU.
- Duvat, V.K.E., 2019. A global assessment of atoll island planform changes over the past decades. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.* 10, 1-16. <https://doi.org/10.1002/wcc.557>
- Duvat, V.K.E., Magnan, A.K., 2019. Lessons Learnt from Coastal Risks Governance on Reunion Island, Indian Ocean, France,

- in: Facing Hydrometeorological Extreme Events. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, p. 433-459. <https://doi.org/10.1002/9781119383567.ch26>
- Duvat, V.K.E., Magnan, A.K., Canavesio, R., 2018. La reconstruction de chaînes d'impacts au service de l'évaluation de la résilience des territoires et de la réduction des risques météo-marins : le cas des atolls des Tuamotu, Polynésie française, in: La Houille Blanche. p. 13-21. <https://doi.org/10.1051/lhb/2018016>
- Duvat, V.K.E., Magnan, A.K., Etienne, S., Salmon, C., Pignon-Mussaoud, C., 2016. Assessing the impacts of and resilience to Tropical Cyclone Bejisa, Reunion Island (Indian Ocean). *Nat. Hazards* 83, 601-640. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2338-5>
- Duvat, V.K.E., Magnan, A.K., Wise, R.M., Hay, J.E., Fazey, I., Hinkel, J., Stojanovic, T., Yamano, H., Ballu, V., 2017. Trajectories of exposure and vulnerability of small islands to climate change. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.* 8. <https://doi.org/10.1002/wcc.478>
- Duvat, V.K.E., Stahl, L., Costa, S., Maquaire, O., Magnan, A.K., 2019. Taking control of human-induced destabilisation of atoll islands: lessons learnt from the Tuamotu Archipelago, French Polynesia. *Sustain. Sci.* 1-18. <https://doi.org/10.1007/s11625-019-00722-8>
- Easterlin, R., 1974. *Does Economic Growth Improve the Human Lot?*, Academic Press.
- Ellington, H., Addinall, E., Percival, F., 1981. *Games and simulations in science education*. Nichols Pub. Co.
- Etienne, M., 2015. *La modélisation d'accompagnement : partager des représentations, simuler des dynamiques*. FormaSciences, FPN, INRA., Nantes.
- Etienne, M., 2010a. *La modélisation d'accompagnement : une démarche participative en appui au développement durable*. Quae Editions.
- Etienne, M., 2010b. Conclusion - la démarche d'accompagnement : une démarche adaptative ?, in: Etienne, M. (Éd.), *La modélisation d'accompagnement : une démarche participative en appui au développement durable*. Quae.
- Etienne, M., 2009. *Co-construction d'un modèle d'accompagnement selon la méthode ARDI : guide méthodologique*. Cardère éditeur, Laudun.
- Etienne, M., 2003. SYLVOPAST: a multiple target role-playing game to assess negotiation processes in sylvopastoral management planning. *J. Artif. Soc. Soc. Simul.* 6.
- Etienne, M., du Toit, D.R., Pollard, S., 2011. ARDI: A co-construction method for participatory modeling in natural resources management. *Ecol. Soc.* 16, 44. <https://doi.org/10.5751/ES-03748-160144>
- Etienne, M., Le Page, C., 2004. Modéliser les dynamiques paysagères pour accompagner un projet d'aménagement du territoire: le cas du Causse Méjan, in: *Gérer les paysages de montagne pour un développement concerté et durable*. Florac, p. 1-15.
- Etienne, M., Le Page, C., 2002. Modelling contrasted management behaviours of stakeholders facing a pine encroachment process: an agent-based simulation approach, in: *Proceedings International Environmental Modelling and Software Society Conference*, Lugano, Switzerland. p. 208-213.
- Fallery, B., Montpellier, U., Montpellier-management, C., 2007. Quatre approches pour l'analyse de données textuelles : lexicale, linguistique, cognitive, thématique. *XVIème Conférence Int. Manag. Strat.* Quatre 1-27.
- Fanning, R.M., Gaba, D.M., 2007. The role of debriefing in simulation-based learning. *Simul. Healthc.* 2, 115-125. <https://doi.org/10.1097/SIH.0b013e3180315539>
- Fedoseev, A., 2016. Comparing Live-Action and Computer-Mediated Educational Games for Engineering Studies, in: *Simulation and Gaming in the Network Society*. Springer, p. 107-119. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-0575-6>
- Feldt, A.G., Dotson, A.B., Monroe, M.W., Sawicki, D.S., 1972. *CLUG, Community Land Use Game: Player's Manual with Selected Reading and Instructors Manual with Materials*. The Free Press, New York.
- Ferber, J., 1995. *Les Systèmes Multi-Agents : Vers une intelligence collective*. InterEditions, Paris.
- Ferber, J., Guérin, V., 2003. Représentations et simulation : de la modélisation à la mise en situation, in: *Le statut épistémologique de la simulation: 10ème journées de Rochebrune: rencontres interdisciplinaires sur les systèmes complexes naturels et artificiels*. Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, Rochebrune.
- Ferber, J., Gutknecht, O., 1998. A meta-model for the analysis and design of organizations in multi-agents systems, in: *Demazeau, Y. (Éd.), ICMAS'98*. IEEE Computer Society, Paris, p. 128-135.
- Ferrand, N., 2012. *Commod sans commodiens : pour une éthique du dégagement*, in: *Atelier ComMod et Ethique*.
- Ferrand, N., Farolfi, S., Abrami, G., du Toit, D.R., 2009. WAT-A-GAME: sharing water and policies in your own basin, in: « Learn to Game, Game to Learn », ISAGA 40th Annual Conference.
- Ferrand, N., Hassenforder, E., Ducrot, R., Barreteau, O., Abrami, G., 2013. How agency models inspire large scale participatory planning and its evaluation, in: *20th International Congress on Modelling and Simulation*. Adelaide, Australia, p. 7.
- Ferrand, N., the COPLAaGE group, 2017. *Coupling for Coping CoPLAaGE : an integrative strategy and toolbox fostering multi-level hydrosocial adaptation*.
- Forkin, K.T., Nemergut, E.C., 2016. *Miller's Anesthesia*, 8th Edition. *Anesthesiology*. <https://doi.org/10.1097/aln.0000000000001020>
- Forrester, J.W., 1971. *World Dynamics*, Futures. [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(73\)90052-9](https://doi.org/10.1016/0016-3287(73)90052-9)
- Forrester, J.W., 1958. *Industrial Dynamics - A major breakthrough for decision makers*. *Harv. Bus. Rev.* <https://doi.org/10.1225/58404>
- Frau-Meigs, D., 2011. *Penser la société de l'écran. Dispositifs et usages*, Communication & langages. Presses Sorbonne Nouvelle, Paris.

- Frémont, A., Herin, R., Chevalier, J., Renard, J., 1984. *Géographie sociale*. Masson.
- Funtowicz, S.O., Ravetz, J.R., 1993. Science for the post-normal age. *Futures* 25, 739-755. [https://doi.org/10.1016/0016-3287\(93\)90022-L](https://doi.org/10.1016/0016-3287(93)90022-L)
- Galafassi, D., Daw, T.M., Munyi, L., Brown, K., Barnaud, C., Fazey, I., 2017. Learning about social-ecological trade-offs 22.
- Gamson, W.A., Stambaugh, R.J., 1978. *SIMSOC : simulated society : coordinator's manual with complete materials*, 3d ed. Free Press, New York.
- Gazull, L., Gautier, D., Becu, N., 2010. Usage d'un jeu de rôles pour l'analyse préalable d'un SIG: DJOLIBOIS, un jeu spatialisé pour l'approvisionnement en bois-énergie de la ville de Bamako (Mali). *Rev. Int. géomatique* 20, 7-36.
- Genvo, S., 2013. Penser les phénomènes de ludicisation à partir de Jacques Henriot. *Sci. du jeu* 1. <https://doi.org/10.4000/sdj.251>
- Genvo, S., 2011. Penser les phénomènes de «ludicisation» du numérique: pour une théorie de la jouabilité. *Rev. des Sci. Soc.* 45, 68-77.
- Girard, C., Ecalle, J., Magnan, A.K., 2013. Serious games as new educational tools: How effective are they? A meta-analysis of recent studies. *J. Comput. Assist. Learn.* 29, 207-219. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2012.00489.x>
- Godard, O., 2010. Dossier « Adaptation aux changements climatiques ». Cette ambiguë adaptation au changement climatique. *Natures Sci. Sociétés* 18, 287-297. <https://doi.org/10.1051/nss/2010036>
- Godard, O., 2007. Le rapport Stern sur l'économie du changement climatique était-il une manipulation grossière de la méthodologie économique? *Rev. Econ. Polit.* 117, 475-506.
- Goeldner-Gianella, L., Grancher, D., Magnan, A.K., de Belizal, E., Duvat, V.K.E., 2019. The perception of climate-related coastal risks and environmental changes on the Rangiroa and Tikehau atolls, French Polynesia: The role of sensitive and intellectual drivers. *Ocean Coast. Manag.* 172, 14-29. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.01.018>
- Gourmelon, F., 2017. Des formes de simulations multi-agents adaptées à différents contextes sociaux d'apprentissage, in: *Rencontres Jeux et Enjeux*. Université de La Rochelle, La Rochelle.
- Gourmelon, F., Chlous-Ducharme, F., Rognant, A., 2010a. Modélisation multi-agents et jeu de rôles : des outils de médiation et d'apprentissage au service du développement durable.
- Gourmelon, F., Rouan, M., Lefevre, J.-F., Rognant, A., 2011. Role-Playing Game and Learning for Young People About Sustainable Development Stakes: An Experiment in Transferring and Adapting Interdisciplinary Scientific Knowledge. *J. Artif. Soc. Soc. Simul.* 14, 21.
- Gourmelon, F., Rouan, M., Rognant, A., 2010b. Du SIG au jeu de rôle. Histoire d'un transfert de connaissances des scientifiques aux scolaires, in: *Rencontres SIG La Lettre*. Marne la Vallée, France.
- Gray, S.A., Paolisso, M., Jordan, R., Gray, S., 2016. *Environmental modeling with stakeholders: theory, methods, and applications*. Springer.
- Gray, S.A., Voinov, A., Paolisso, M., Jordan, R., Bendor, T., Bommel, P., Glynn, P., Hedelin, B., Hubacek, K., Introne, J., Kolagani, N., Laursen, B., Prell, C., Schmitt Olabisi, L., Singer, A., Sterling, E., Zellner, M., 2018. Purpose, processes, partnerships, and products: Four Ps to advance participatory socio-environmental modeling. *Ecol. Appl.* 28, 46-61. <https://doi.org/10.1002/eap.1627>
- Greenbalt, C.S., 1988. *Designing Games and Simulations. An Illustrated Handbook*. Sage Publications.
- Guetzkow, H., 1959. A use of simulation in the study of inter-nation relations. *Behav. Sci.* 4, 183-191. <https://doi.org/10.1002/bs.3830040302>
- Haferkamp, N., Krämer, N.C., 2010. Disaster readiness through education - Training soft skills to crisis units by means of serious games in virtual environments. *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)* 6383 LNCS, 506-511. https://doi.org/10.1007/978-3-642-16020-2_45
- Hainey, T., Connolly, T.M., Boyle, E.A., Wilson, A., Razak, A., 2016. A systematic literature review of games-based learning empirical evidence in primary education. *Comput. Educ.* 102, 202-223. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.09.001>
- Halverson, R., Steinkuehler, C., 2016. Games and learning, in: Haythornthwaite, C.A., Andrews, R., Fransman, J., Meyers, E.M. (Éd.), *The Sage handbook of E-learning research*. Sage Publications, p. 375-396. <https://doi.org/10.4135/9781473955011.n19>
- Hargrave, T.J., Van de Ven, A., 2006. A collective action model of institutional innovation. *Acad. Manag. Rev.* 31, 864-888.
- Hassenforder, E., 2015. *Participatory planning, evaluation and institutional dynamics in African Natural Resource Management (NRM)*. Australian National University.
- Hassenforder, E., Pittock, J., Barreteau, O., Daniell, K.A., Ferrand, N., 2016. The MEPPP Framework: A Framework for Monitoring and Evaluating Participatory Planning Processes. *Environ. Manage.* 57, 79-96. <https://doi.org/10.1007/s00267-015-0599-5>
- Hassenforder, E., Smajgl, A., Ward, J., 2015. Towards understanding participatory processes: Framework, application and results. *J. Environ. Manage.* 157, 84-95. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.04.012>
- Haug, C., Huitema, D., Wenzler, I., 2011. Learning through games? Evaluating the learning effect of a policy exercise on European climate policy. *Technol. Forecast. Soc. Change.* <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.12.001>
- Henriot, J., 1989. *Sous couleur de jouer : la métaphore ludique*. José Corti.
- Henriot, J., 1969. *Le jeu*. Presses universitaires de France, Paris.
- Herimandimby, V., Randriarijaona, E., Barreteau, O., Bousquet, F., Weber, J., 1999. *Systèmes Multi-Agents et démarche patrimoniale: utilisation de jeux de rôles. Modèles systèmes multi-agents pour la Gest. l'environnement des Territ.* Cemagref éditions 261-278.

- Hisschemöller, M., Tol, R.S.J., Vellinga, P., 2001. The Relevance of Participatory Approaches in Integrated Environmental Assessment. *Integr. Assess.* 2, 57–72. <https://doi.org/10.1023/a:1011501219195>
- Houte, S., Lorient, D., Becu, N., 2020. L'émancipation des habitants au service de l'application des politiques publiques environnementales : étude d'un dispositif pilote de construction d'une gouvernance adaptative. *Participations* 1.
- Huizinga, J., 1950. *Homo Ludens: The study of play-element in culture*, Beacon Press. <https://doi.org/10.2307/2087716>
- Huyakorn, P., 2014. Long-Term Effect of Gaming Simulation as Community Flood Management Training for Trainer Tools : A Case Study of Donmuang District, in: Kriz, W.C., Eiselen, T., Manahl, W. (Éd.), *The Shift from Teaching to Learning: Individual, Collective and Organizational Learning Through Gaming Simulation*. Proceedings of the 45th Conference of the International Simulation and Gaming Association. Dornbirn, p. 221-235.
- IPCC, 2019. Special Report: The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate in preparation. <https://doi.org/https://www.ipcc.ch/report/srocc/>
- IPCC, 2012. Glossary of terms, in: Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D.J., Ebi, K.L., Mastrandea, M.D., Mach, K.J., Plattner, G.-K., Allen, S.K. (Éd.), *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. Cambridge University Press, Cambridge, p. 555–564.
- IPCC, 2007. GIEC, 2007 : Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC, Genève, Suisse.
- Jacobson, M.J., Wilensky, U., 2006. Complex Systems in Education: Scientific and Educational Importance and Implications for the Learning Sciences. *J. Learn. Sci.* 15, 11-34. <https://doi.org/10.1207/s15327809jls1501>
- Jager, W., Janssen, M.A., Vlek, C.A.J., 1999. Consumats in a commons dilemma: Testing the behavioural rules of simulated consumers. Centre for Environment and Traffic Psychology, University of Groningen, Groningen.
- Janssen, M.A., Bousquet, F., Ostrom, E., 2011. A multimethod approach to study the governance of social-ecological systems. *Natures Sci. Soc.* 19, 382-394. <https://doi.org/10.1051/nss/2011135>
- Jean, S., Gilbert, L., Medema, W., Keijser, X., Mayer, I.S., Inam, A., Adamowski, J., 2018. Serious Games as planning support systems: Learning from playing maritime spatial planning challenge 2050. *Water (Switzerland)* 10. <https://doi.org/10.3390/w10121786>
- Jolivet, M., Pavé, A., 1993. L'environnement: un champ de recherche en formation. *Natures, Sci. Sociétés* 1.
- Jones, K., 2004. Fear of emotions. *Simul. Gaming* 35, 454-460. <https://doi.org/10.1177/1046878104269893>
- Jones, K., 1987. *Simulations: A Handbook for Teachers and Trainers*. Nichols Pub Co.
- Keijser, X., Ripken, M., Mayer, I.S., Warmelink, H., Abspoel, L., Fairgrieve, R., Paris, C., 2018a. Stakeholder engagement in Maritime Spatial Planning: The efficacy of a serious game approach. *Water (Switzerland)* 10. <https://doi.org/10.3390/w10060724>
- Keijser, X., Ripken, M., Warmelink, H., Abspoel, L., Fairgrieve, R., Mayer, I.S., 2018b. Maritime Spatial Planning – A Board Game for Stakeholder Involvement. *Lect. Notes Artif. Intell.* 10825. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-91902-7>
- Keledjian, A., Riou, A., 2017. Djolibois : du plateau à la version en ligne, in: *Jeux et Enjeux*. Université de La Rochelle, La Rochelle.
- Kelly, R., Jakeman, A.J., Barreteau, O., Borsuk, M.E., Elsworth, S., Hamilton, S.H., Henriksen, H.J., Kuikka, S., Maier, H.R., Rizzoli, A.E., Van Delden, H., 2013. Selecting among five common modelling approaches for integrated environmental assessment and management. *Environ. Model. Softw.* 47, 159-181.
- Kherbouche, K., 2016. L'usage pédagogique d'un jeu de société maintient-il sa dimension ludique ? Cas du jeu de Scrabble. Université Paris 13.
- Kickert, W.J.M., Klijn, E.-H., Koppenjan, J.F.M., 1997a. *Managing Complex Networks: Strategies for the Public Sector*. Sage Publications, London.
- Kickert, W.J.M., Klijn, E.-H., Koppenjan, J.F.M., 1997b. *Managing Complex Networks: Strategies for the Public Sector*, *Managing Complex Networks: Strategies for the Public Sector*. SAGE. <https://doi.org/10.4135/9781446217658>
- Kikkawa, T., 2014. Roles of Play: The Implications of Roles in Games. *Shift from Teach. to Learn. Individ. Collect. Organ. Learn. Through Gaming Simul.* 268.
- Kirkpatrick, J., Kirkpatrick, W., 2009. *The Kirkpatrick Four Levels™: A Fresh Look After 50 Years - 1959-2009*. White Pap.
- Klabbers, J.H.G., 2014. From mental containers to reflective practitioners: educating the social problem solver, in: *The Shift from Teaching to Learning: Individual, Collective and Organizational Learning Through Gaming Simulation and organizational learning through gaming & simulation*.
- Klabbers, J.H.G., 2009a. The Saga of ISAGA. *Simul. Gaming* 40, 30-47. <https://doi.org/10.1177/1046878107310604>
- Klabbers, J.H.G., 2009b. The magic circle: Principles of gaming & simulation. Sens publishers, Rotterdam, The Netherlands. https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2007.00725_5.x
- Klabbers, J.H.G., 2006. A framework for artifact assessment and theory testing. *Simul. Gaming* 37, 155-173. <https://doi.org/10.1177/1046878106287943>
- Klabbers, J.H.G., 1994. The 25th Anniversary of ISAGA: The Orchestration of Organized Complexity. *Simul. Gaming* 25, 502-513. <https://doi.org/10.1080/08858190209528804>
- Kolb, D.A., 1984. *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Koster, R., 2013. Le jeu vidéo comme manière d'être au monde. *Socio-anthropologie de l'expérience vidéoludique*. *Nouv. Rev. d'esthétique*. Université Paris 1. <https://doi.org/10.3917/nre.011.0099>
- Koster, R., 2005. A Grammar of Gameplay - game atoms: can games be diagrammed?, in: *Game developers conference*. San Francisco.

- Kozlack, J., Demazeau, Y., Bousquet, F., 1999. Multi-agent system to model the Fishbank play process, in: CEEMAS. Varsovia (Poland).
- Kriz, W.C., 2010. A systemic-constructivist approach to the facilitation and debriefing of simulations and games. *Simul. Gaming* 41, 663-680. <https://doi.org/10.1177/1046878108319867>
- Kriz, W.C., Auchter, E., 2016. 10 Years of Evaluation Research Into Gaming Simulation for German Entrepreneurship and a New Study on Its Long-Term Effects, in: *Simulation & Gaming*. p. 179-205. <https://doi.org/10.1177/1046878116633972>
- Kriz, W.C., Eiselen, T., Manahl, W., 2014. The shift from teaching to learning : Individual, collective and organizational learning through gaming simulation. ISAGA, Dorbirn.
- Kuhn, T.S., 1962. *The Structure of Scientific Revolutions*.
- La Brunetière, J. de, Prud'homme, R., Dupuy, G., 1972. *Les jeux de simulation urbanistiques : présentation et analyse des simulations jouées de la ville*. Tema edition, Paris.
- Labat, J.-M., Plantec, J.-Y., 2012. Generic SG: une plateforme d'édition générique de serious games, in: *Segamed International Conference on Serious Games for Health*. Nice.
- Lafrenaye, Y., 1994. Les attitudes et le changement des attitudes, in: Vallerand, R.J. (Éd.), *Les fondements de la psychologie sociale*. Gaëtan Morin, Montréal, p. 329-405.
- Lapijover, A., 2018. Révéler la dimension socio-politique des interactions entre pêcheries et petits cétacés dans le golfe de Gascogne. Université de La Rochelle.
- Lapijover, A., Becu, N., Authier, M., Ridoux, V., 2017a. Are cetacean bycatches lost in translation?, in: *ECS - European Cetacean Society - 31st Annual Conference*. Middelfart, Denmark.
- Lapijover, A., Becu, N., Deysson, H., Ridoux, V., 2017b. MarePolis : jouer avec les échelles de gouvernance pour gérer durablement l'espace maritime, in: *Rencontres Jeux et Enjeux*. La Rochelle, France.
- Lapijover, A., Becu, N., Deysson, H., Ridoux, V., s. d. Les décideurs face à l'environnement marin : construction d'une approche expérimentale de l'action publique. *Polit. Manag. Public*.
- Lapijover, A., Becu, N., Ridoux, V., 2020. Analyse de la portée stratégique de l'activité scientifique au travers d'une approche expérimentale basée sur les jeux de rôles : application aux captures accidentelles de petits cétacés. *Natures Sci. Sociétés*.
- Lapijover, A., Becu, N., Ridoux, V., 2018a. Scientifiques ou pêcheurs : qui est légitime pour évaluer les captures accidentelles de petits cétacés dans le Golfe de Gascogne ?, in: *Légitimités d'en haut, légitimité d'en bas: Postures d'Acteurs*. Nanterre, France.
- Lapijover, A., Becu, N., Ridoux, V., 2018b. Playing a serious game to visualize the social dimension of cetacean bycatch, in: *17th Annual STS Conference*. Graz, Austria.
- Lardinois, E., 2015. Cours « Indice de ludicité outil d'analyse des jeux », UE « Jeu et Communication ».
- Lardinois, E., 2000. *Le jeu: outil de communication commerciale: conception de produits et formation des clients*. Université Paris 13.
- Latour, B., 1987. *La science en action*. La Découverte.
- Latour, B., 1985. Les "vues" de l'esprit. Une introduction à l'anthropologie des sciences et des techniques. *Cult. Tech.* 14, 4-29. <https://doi.org/10.4000/books.pressessmines.1191>
- Lavoué, E., 2012. Towards Social Learning Games, in: Popescu, E., Li, Q., Klamma, R., Leung, H., Specht, M. (Éd.), *ICWL, LNCS 7558*. Springer-Verlag, Berlin, p. 170-179.
- Lavoué, E., Kazemitabar, M., Doleck, T., Lajoie, S.P., Carrillo, R., Molinari, G., 2019. Towards emotion awareness tools to support emotion and appraisal regulation in academic contexts. *Educ. Technol. Res. Dev.* <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09688-x>
- Le Bretron, D., Schmoll, P., 2011. Jeux et enjeux. *Rev. des Sci. Soc.* 45.
- Le Moigne, J.-L., 1990. *La modélisation des systèmes complexes*. Dunod, Paris.
- Le Page, C., 2017. Simulation multi-agent interactive : engager des populations locales dans la modélisation des socio-écosystèmes pour stimuler l'apprentissage social. Université Paris 6.
- Le Page, C., Abrami, G., Barreteau, O., Becu, N., Bommel, P., Botta, A., Dray, A., Monteil, C., Souchère, V., 2010. Des modèles pour partager des représentations, in: Etienne, M. (Éd.), *La modélisation d'accompagnement : une démarche participative en appui au développement durable*. Quae Edition, p. 55-81.
- Le Page, C., Becu, N., Bommel, P., Bousquet, F., 2012. Participatory agent-based simulation for renewable resource management: The role of the cormas simulation platform to nurture a community of practice. *J. Artif. Soc. Soc. Simul.* 15, 10.
- Le Page, C., Bobo, K.S., Kamgaing, T.O.W., Ngahane, B.F., Waltert, M., 2015. Interactive Simulations with a Stylized Scale Model to Codesign with Villagers an Agent-Based Model of Bushmeat Hunting in the Periphery of Korup National Park (Cameroon). *J. Artif. Soc. Soc. Simul.* 18, 3-11.
- Le Page, C., Bommel, P., 2005. A methodology to building agent-based simulations of common pool resources management: from a conceptual model designed with UML to its implementation in CORMAS, in: Bousquet, F., Trébuil, G., Hardy, B. (Éd.), *Companion Modeling and Multi-Agent Systems for Integrated Natural Resource Management in Asia*. IIRI Press, Los Baños (Philippines), p. 327-349.
- Le Page, C., Bousquet, F., Bakam, I., Bah, A., Baron, C., 2000. CORMAS: A multiagent simulation toolkit to model natural and social dynamics at multiple scales.
- Le Page, C., Bousquet, F., Takforyan, A., Bakam, I., 1999a. Simulations on virtual worlds: understanding the interactions between ecological and social dynamics. *Planet. Gard.* 99.

- Le Page, C., Dray, A., Perez, P., Garcia, C.A., 2016. Exploring How Knowledge and Communication Influence Natural Resources Management With ReHab. *Simul. Gaming* 47, 257-284. <https://doi.org/10.1177/1046878116632900>
- Le Page, C., Dray, A., Perez, P., Garcia, C.A., 2014. Can communication save the commons? Lessons From repeated role-playing game sessions, in: 45th ISAGA Conference (International Simulation and Gaming Association). Bertelsmann, p. 365-376.
- Le Page, C., Lardon, S., Bommel, P., Baron, C., Bousquet, F., 1999b. Entités spatiales génériques et modèles de simulation multi-agent, in: JFIADSMA '99. Hermès, Le Page, Christophe [CIRAD-TERA-ERE (FRA)]; Lardon, Sylvie [INRA (FRA)]; Bommel, Pierre [INRA (FRA)]; Baron, Christian [CIRAD-AMIS-AGRONOMIE (FRA)]; Bousquet, François [CIRAD-TERA-ERE (FRA)] SE - CIRAD-TERA-ERE (FRA); INRA (FRA); INRA (FRA); CIRAD-AMIS-AG, p. 3 p.
- Le Page, C., Perrotton, A., 2017. KILT: A modelling approach based on participatory agent-based simulation of stylized socio-ecosystems to stimulate social learning with local stakeholders. *Lect. Notes Comput. Sci.* 10643, 156-169. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91587-6_11
- Leacock, M., 2010. *Forbidden Island*. United states.
- Lederman, L.C., 1992. Debriefing: Toward a Systematic Assessment of Theory and Practice. *Simul. Gaming* 23, 145-160. <https://doi.org/10.1177/1046878192232003>
- Leloup, F., 2010. Le développement territorial et les systèmes complexes : proposition d'un cadre analytique. *Rev. d'Économie Régionale Urbaine* octobre, 687. <https://doi.org/10.3917/reru.104.0687>
- Lerner, J., 2014. *Making democracy fun : how game design can empower citizens and transform politics*. MIT Press.
- Levy, J., Lussault, M., 2013. *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*. Belin.
- Lewis, S.L., Maslin, M.A., 2015. Defining the Anthropocene. *Nature* 519, 171-180. <https://doi.org/10.1038/nature14258>
- Lidon, B., Lopez, J.-M., Sosiawan, H., Kartiwa, B., Triomphe, B., Jamin, J.-Y., Farolfi, S., Bourgeois, R., Becu, N., 2018. Approach and impact of a participatory process for the reorganization of irrigation management: a case study in Indonesia. *Cah. Agric.* 27. <https://doi.org/10.1051/cagri/2018015>
- Lindley, C.A., 2004. Narrative, game play, and alternative time structures for virtual environments, in: Göbel, S., Spierling, U., Hoffman, A., Iurgel, I., Schneider, O., J., D., A., F. (Éd.), *Technologies for Interactive Digital Storytelling and Entertainment*. Springer Berlin / Heidelberg, p. 183-194.
- Loudin, S., 2019. Can we use a social experiment to assess the impact of participatory processes for water management? Studying a generic method tackling the evaluation of capabilities. AgroParisTech, Montpellier.
- Lukosch, H.K., Bekebrede, G., Kurapati, S., Lukosch, S.G., 2018. A Scientific Foundation of Simulation Games for the Analysis and Design of Complex Systems. *Simul. Gaming* 49, 279-314. <https://doi.org/10.1177/1046878118768858>
- Magnan, A.K., 2013. Éviter La Maladaptation Au Changement Climatique. *IDDRI Study* 8, 1-4.
- Magnan, A.K., Charpentier, C., 2016. Les littoraux de la Réunion face aux risques liés à la mer : quelle(s) vision (s) du futur par les acteurs ? *IDDRI Study* 5.
- Magnan, A.K., Duvat, V.K.E., 2018. Unavoidable solutions for coastal adaptation in Reunion Island (Indian Ocean). *Environ. Sci. Policy* 89, 393-400. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.09.002>
- Magnan, A.K., Duvat, V.K.E., 2015. La fabrique des catastrophes «naturelles». *Natures Sci. Soc.* 23, 97-108. <https://doi.org/10.1051/nss/2015033>
- Magnan, A.K., Schipper, E.L.F., Burkett, M., Bharwani, S., Burton, I., Eriksen, S., Gemenne, F., Schaar, J., Ziervogel, G., 2016. Addressing the risk of maladaptation to climate change. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.* 7, 646-665. <https://doi.org/10.1002/wcc.409>
- Marfisi-Schottman, I., Labat, J., Carron, T., 2013a. Building on the case teaching method to generate learning games relevant to numerous educational fields, in: *International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT*. Beijing, China, p. 156-160.
- Marfisi-Schottman, I., Labat, J., Carron, T., 2013b. Approche basée sur la méthode pédagogique des cas pour créer des learning games pertinents dans de nombreux domaines d'enseignement, in: *Conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*. Toulouse, p. 67-78.
- Marilleau, N., Anselme, B., Amalric, M., Becu, N., Bergossi, P., Delay, E., Rieu, G., Rousseaux, F., 2017. LittoSIM : un jeu participatif immersif entre le virtuel et la réalité, in: *OPDE - Outils pour Décider Ensemble*. 26-27 octobre 2017, Montpellier France, p. 3.
- Martin, L., 2018. L'usage des serious games en entreprise : récréation ou instrumentalisation managériale. *Èrès*.
- Martin, L., 2015. De l'activité virtuelle à l'activité réelle : ressources et empêchements à la créativité de cadres formés au management d'équipe avec un serious gaming. *CNAM*.
- Martin, L., 2014. Les serious games, instruments de transformation des situations de travail ? *Educ. Perm.* 198, 219-228.
- Martin, L., Alvarez, J., 2018. Activité de serious gaming en formation de management d'équipe : réflexions autour des émotions suscitées et retours d'expériences. *Rev. des Interact. Hum. Médiatisées* 19.
- Marty, J.-C., Carron, T., Pernelle, P., Talbot, S., Houzet, G., 2015. Mixed Reality Games. *Int. J. Game-Based Learn.* 5, 31-45. <https://doi.org/10.4018/ijgbl.2015010103>
- Marty, J.-C., Serna, A., Carron, T., Pernelle, P., Wayntal, D., 2016. Multi-device Territoriality to Support Collaborative Activities: Implementation and Findings from the E-Learning Domain, in: *11th European Conference on Technology Enhanced Learning*. p. 152-164. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45153-4_12
- Marty, J., Pernelle, P., 2013. Problématiques d'awareness au sein d'un groupe d'apprenants dans des environnements basés sur le jeu, in: *Conférence EIAH2013 (Environnements informatiques pour l'apprentissage humain), Atelier « Serious Games, jeux épistémiques numériques - Méthodologies de recherche pour l'étude des interactions »*. Toulouse, p.

47-53. <https://doi.org/10.3166/ria.25.223-251>

- Mathevet, R., 2012. La Solidarité écologique : ce lien qui nous oblige. Actes Sud, Arles.
- Mathevet, R., Antona, M., Barnaud, C., Fourage, C., Trébuil, G., Aubert, S., 2010. Contextes et dépendances des processus d'accompagnement, in: Etienne, M. (Éd.), La modélisation d'accompagnement. Une démarche participative en appui au développement durable. Quae Editions, Versailles, p. 103-123.
- Mathevet, R., Bousquet, F., 2014. Résilience & environnement. Penser les changements socio-écologiques. Buchet Chastel.
- Mathevet, R., Couespel, A., 2012. Histoire environnementale et political ecology des marais du Scamandre en Camargue occidentale, in: Environnement, discours et pouvoir. Editions Quæ, p. 65. <https://doi.org/10.3917/quae.gaut.2012.01.0065>
- Mathevet, R., Le Page, C., Etienne, M., Poulin, B., Lefebvre, G., Cazin, F., Ruffray, X., 2008. Des roselières et des hommes. ButorStar: un jeu de rôles pour l'aide à la gestion collective. Rev. Int. géomatique 18, 375-395.
- Mauron, A., 2015a. Les idéologies antisciences aujourd'hui: un défi bioéthique et biopolitique. J. du Cent. Médical Univ. l'université Genève 9000.
- Mauron, A., 2015b. Le déni de science : entre scepticisme nihiliste et désir de croire, in: L'academie.tv : Pensée rationnelle, pensée émotionnelle.
- May, P.J., 1992. Policy Learning and Failure. J. Public Policy 12, 331-354. <https://doi.org/10.1017/S0143814X00005602>
- Mayer, I.S., 2009. The gaming of policy and the politics of gaming: A review. Simul. Gaming 40, 825-862. <https://doi.org/10.1177/1046878109346456>
- Mayer, I.S., Bekebrede, G., Hartevelde, C., Warmelink, H., Zhou, Q., Ruijven, T., Lo, J., Kortmann, R., Wenzler, I., van Ruijven, T., 2014a. The research and evaluation of serious games: Toward a comprehensive methodology. Br. J. Educ. Technol. 45, 502-527. <https://doi.org/10.1111/bjet.12067>
- Mayer, I.S., Bekebrede, G., Warmelink, H., Zhou, Q., 2013. A Brief Methodology for Researching and Evaluating Serious Games and Game-Based Learning, in: Psychology, Pedagogy, and Assessment in Serious Games. p. 357-393. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-4773-2.ch017>
- Mayer, I.S., Zhou, Q., Keijser, X., Abspoel, L., 2014b. Gaming the Future of the Ocean: The Marine Spatial Planning Challenge 2050. Lect. Notes Comput. Sci. 8778, 150-162. https://doi.org/10.1007/978-3-319-11623-5_13
- Mazeaud, A., Nonjon, M., 2018. Le marché de la démocratie participative. Editions du Croquant, Vulaine-sur-Seine.
- McCarthy, D.D.P., Crandall, D.D., Whitelaw, G.S., General, Z., Tsuji, L.J.S., 2011. A Critical Systems Approach to Social Learning: Building Adaptive Capacity in Social, Ecological, Epistemological (SEE) Systems. Ecol. Soc. 16, 1-16. <https://doi.org/10.5751/es-04255-160318>
- McGinnis, M.D., 2011. Networks of Adjacent Action Situations in. Policy Stud. J. 39, 51-78.
- McGinnis, M.D., Ostrom, E., 2014. Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges. Ecol. Soc. 19, 30. <https://doi.org/10.5751/ES-06387-190230>
- McGinnis, M.D., Ostrom, E., 2010. IAD and SES Dynamic Flows: Introducing the Program in Institutional Analysis of Social-Ecological Systems (PIASES) Framework.
- Meadows, D.H., 2008. Thinking in systems: a primer.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., 1992. Beyond the Limits: Global Collapse or a Sustainable Future, Beyond the Limits: Global Collapse or a Sustainable Future, London: Earthscan. White River Junction, VT: Chelsea Green. <https://doi.org/10.1080/07351690701310680>
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., Behrens III, W.W., 1972. The limits to growth: a report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind. Universe Books.
- Meadows, D.H., Randers, J., Meadows, D.L., 2004. The limits to growth : the 30-year update. White River Junction.
- Meadows, D.L., 2012. It is too late for sustainable development, in: Perspectives on Limits to Growth: Challenges to Building a Sustainable Planet. Smithsonian Institution and the Club of Rome.
- Meadows, D.L., 2001. Tools for understanding the limits to growth: Comparing a simulation and a game. Simul. Gaming 32, 522-536. <https://doi.org/10.1177/104687810103200408>
- Meadows, D.L., 2000. Learning to be simple: My odyssey with games. Simul. Gaming 30, 342-351. <https://doi.org/10.1177/104687819903000310>
- Meadows, D.L., Biesiot, W., Benders, R.M.J., Berger, J., Louwes, M., 2000. STRATAGEM , A personal computer-based management training game on energy- environment interactions. Groningen,.
- Meadows, D.L., Meadows, D.H., 1993. Fish Banks news, Fish Banks limited and Laboratory for Interactive Learning. Durham, NH, USA.
- Meadows, D.L., Meadows, D.H., Marshall, N., 1984. STRATEGEM.
- Meadows, D.L., Sweeney, L.B., Mehers, G.M., 2016. The climate change playbook: 22 systems thinking games for more effective communication about climate change. Chelsea Green Publishing.
- Medema, W., Furber, A., Adamowski, J., Zhou, Q., Mayer, I.S., 2016. Exploring the potential impact of serious games on social learning and stakeholder collaborations for transboundary watershed management of the St. Lawrence river basin. Water 8. <https://doi.org/10.3390/w8050175>
- Meera, P., McLain, M.L., Bijlani, K., Jayakrishnan, R., Bhavani, R., 2015. Serious game on flood risk management, in: Rajalakshmi, M.C., Prakash, A.P.G., Bansal, P., Sabharwal, S., Mittal, N., Arora, S., Ur, S., Khan, R., Lee, S.P., Ahmad, R.W., Akhunzada, A., Chang, V., Singhal, S., Gupta, S., Suri, B., Panda, S., Zamli, K.Z., Alkazemi, B.Y., Kendall, G. (Éd.), Emerging Research in Computing, Information, Communication and Applications. p. 265-271. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-1023-1>

- Meinzen-Dick, R., Janssen, M.A., Kandikuppa, S., Chaturvedi, R., Rao, K., Theis, S., 2018. Playing games to save water: Collective action games for groundwater management in Andhra Pradesh, India. *World Dev.* <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2018.02.006>
- Mermet, L., 2001. L'appui des outils informatiques à la concertation : deux illustrations, in: *Concertation, décision et environnement*. p. 73-121.
- Mermet, L., 1992. *Stratégies pour la gestion de l'environnement : la nature comme jeu de société?* L'Harmattan, Paris, France.
- Mermet, L., Salles, D., 2015. *Environnement : La concertation apprivoisée, contestée, dépassée ?*, de Boeck. ed.
- Messina, E., 2012. *Vassal 3.1 Designer's Guide*.
- Michael, D.R., Chen, S.L., 2005. *Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform*. Thomson Course Technology PTR.
- Moine, A., 2006. Le territoire comme un système complexe: Un concept opératoire pour l'aménagement et la géographie. *Espac. Geogr.* 35, 115-122.
- Moine, A., Faivre, E., 2014. Le territoire comme un système complexe : de la représentation ... à l' action. *Interdiscip. dans l'aménagement le développement des Territ.* 9.
- Moreau, C., 2019. Mettre en débat l'état de référence. *Analyse des représentations des dynamiques paysagères au prisme des services écosystémiques : l'exemple du Mont Lozère*. Université de Montpellier.
- Moreau, C., Barnaud, C., Mathevet, R., 2019. Conciliate agriculture with landscape and biodiversity conservation: A role-playing game to explore trade-offs among ecosystem services through social learning. *Sustain.* 11. <https://doi.org/10.3390/su11020310>
- Nachi, M., 2006. Introduction à la sociologie pragmatique: Vers un nouveau « style » sociologique? Armand colin.
- Nadolski, R.J., Hummel, H.G.K., van den Brink, H.J., Hoefakker, R.E., Sloomaker, A., Kurvers, H.J., Storm, J., 2008. EMERGO: A methodology and toolkit for developing serious games in higher education. *Simul. Gaming* 39, 338-352. <https://doi.org/10.1177/1046878108319278>
- Naivinit, W., Le Page, C., Trébuil, G., Gajaseeni, N., 2010. Participatory agent-based modeling and simulation of rice production and labor migrations in Northeast Thailand. *Environ. Model. Softw.* 25, 1345-1358. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.01.012>
- Ostrom, E., 2007. A diagnostic approach for going beyond panaceas. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 104, 15181-15187. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0702288104>
- Ostrom, E., 2005. *Understanding Institutional Diversity*. Princeton University Press, Princeton.
- Ostrom, E., 1990. *Governing the commons: the evolutions of institutions for collective action*. Cambridge University Press.
- Ostrom, E., Gardner, R., Walker, J., Agrawal, A., 1994. *Rules, games, and common-pool resources*. University of Michigan Press.
- Oulhaci, M.A., Tranvouez, E., Fournier, S., Espinasse, B., 2013. A multi-agent system for learner assessment in serious games: Application to learning processes in crisis management. *Proc. - Int. Conf. Res. Challenges Inf. Sci.* <https://doi.org/10.1109/RCIS.2013.6577689>
- Padiou, J.-G., 1969. Note sur les « Simulations en sociologie politique ». *Rev. Française Sociol.* 10, 201-219. <https://doi.org/10.2307/3320277>
- Paran, F., Sébastien, L., Gaillot, D., 2010. Simulation pédagogique pour l'aide à la négociation environnementale : d'un jeu de rôle de papier à une plate-forme informatisée, in: *La Branche, S., Milot, N. (Éd.), Enseigner les sciences sociales de l'environnement ; un manuel pluridisciplinaire*. Presses Universitaires du Septentrion, p. 127-162.
- Pelenc, J., 2014. *Développement humain responsable et aménagement du territoire*. Université Sorbonne Nouvelle.
- Pelenc, J., Ballet, J., 2015. Strong sustainability, critical natural capital and the capability approach. *Ecol. Econ.* 112, 36-44. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.02.006>
- Pelenc, J., Bazile, D., Ceruti, C., 2015. Collective capability and collective agency for sustainability: A case study. *Ecol. Econ.* 118, 226-239. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.07.001>
- Perez, P., Aubert, S., Daré, W., Ducrot, R., Jones, N.A., Queste, J., Trébuil, G., Van Paassen, A., 2010. Évaluation Et Suivi Des Effets De La Démarche, in: *Etienne, M. (Éd.), La modélisation d'accompagnement*. p. 153-181.
- Pernelle, P., Marty, J.-C., Carron, T., 2012. *Un environnement d'apprentissage basé sur le jeu : learning adventure*. Argos 50.
- Petranek, C., 1994. *A Maturation in Experiential Learning: Principles of Simulation and Gaming*. *Simul. Gaming* 25, 513-522.
- Piaget, J., 1937. *La construction du réel chez l'enfant*. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel.
- Piveteau, V., 1995. *Prospective et territoire : apports d'une réflexion sur le jeu*. Cemagref.
- Plantec, J.-Y., 2014. *Generic-SG : générateur de serious games*, in: *SeGaMed 2014 : Serious games en médecine et santé*.
- Powers, R.B., Boyle, W., 1983. Generalization from a commons-dilemma game: the effects of a fine option, information, and communication on cooperation and defection. *Simul. Games* 14, 253-274.
- Prensky, M., 2001. *Digital Game-Based Learning*. McGraw Hill, New York.
- Preteceille, E., 1974. *Jeux modèles et simulations : Critique des jeux urbains*.
- Pretty, J.N., 1995. Participatory learning for sustainable agriculture. *World Dev.* [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(95\)00046-F](https://doi.org/10.1016/0305-750X(95)00046-F)
- Propp, V., 1928. *Morphologie du conte*. Seuil, Paris.
- Randel, J.M., Morris, B.A., Wetzel, C.D., Whitehill, B. V., 1992. The Effectiveness of Games for Educational Purposes: A Review of Recent Research. *Simul. Gaming* 23, 261-276. <https://doi.org/10.1177/1046878192233001>
- Randers, J., 2012. *2052 : a global forecast for the next forty years*. Chelsea Green Pub.
- Ratan, R.A., Ritterfeld, U., 2009. Classifying serious games, in: *Ritterfeld, U., Cody, M., Vorderer, P. (Éd.), Serious games:*

- mechanisms and Effects. Routledge, p. 9-24.
- Reed, M.S., 2008. Stakeholder participation for environmental management: A literature review. *Biol. Conserv.* 141, 2417-2431. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.014>
- Reed, M.S., Evely, A.C., Cundill, G., Fazey, I., Glass, J., Laing, A., Newig, J., Parrish, B., Prell, C., Raymond, C.M., Stringer, L.C., 2010. What is social learning? *Ecol. Soc.* 15. <https://doi.org/Article>
- Reitano, V., 2018. Civic Engagement Strategies for Financial Sustainability: Budget Games and Simulation. *Gov. Financ. Rev.* Reynolds, C., 1995. Boids Background and Update [WWW Document]. <http://www.red3d.com/cwr/boids/>.
- Ricciardi, F.M., Craft, C.J., Malcom, D.G., Bellman, R., Clark, C., Kibbee, J.M., Rawdon, R.H., 1957. Top management decision simulation: the AMA approach, in: Marting, E. (Éd.), . New York, p. 126 p.
- Ricoeur, P., 1995. *Le juste*. Esprit, Paris.
- Ripken, M., Keijser, X., Klenke, T., Mayer, I.S., 2018. The 'Living Q'—An Interactive Method for Actor Engagement in Transnational Marine Spatial Planning. *Environments* 5, 87. <https://doi.org/10.3390/environments5080087>
- Ritschard, L., Gourmelon, F., Chlous, F., 2018. Différencier les représentations spatiales selon leurs statuts. *Expérimentation en gestion intégrée des zones côtières. Rev. Int. géomatique* 28, 39-67. <https://doi.org/10.3166/ri.2017.00037>
- Ritterfeld, U., Cody, M., Vorderer, P., 2009. *Serious games: Mechanisms and effects*. Routledge, New York and London.
- Rocheffort, R., 1983. Réflexions liminaires sur la géographie sociale, in: Noin, D. (Éd.), *Actes du Colloque de Lyon*. Paris.
- Rosanvallon, P., 2008. La légitimité démocratique : impartialité, réflexivité, proximité. Seuil.
- Rosenberg, M.J., Hovland, C.I., 1960. Cognitive, affective, and behavioral components of attitudes, in: *Attitude Organization and Change: An Analysis of Consistency among Attitude Components*. <https://doi.org/10.2307/3319768>
- Rotenberg, M., 2015. Les jeux de société : essai sur la production d'un outil d'analyse autour des mécaniques de jeu. Université Paris 13.
- Rouchier, J., 2018. Les Serious Games et l'éducation au bien commun : l'exemple du jeu PollutionSolutions. *Action publique Rech. Prat.* 2, 4-11.
- Rouchier, J., Barreteau, O., Bousquet, F., Proton, H., Cirad-Green, M., 1998. Evolution and co-evolution of individuals and groups in environment, in: *Multi Agent Systems, 1998. Proceedings. International Conference on*. p. 254-260. <https://doi.org/10.1109/ICMAS.1998.699062>
- Rueff, J., 2008. Où en sont les « game studies ». *Réseaux* 151, 139-166. <https://doi.org/10.3166/R>
- Rufat, S., Ter Minassian, H., 2012. Video games and urban simulation: new tools or new tricks? *Cybergeog. Eur. J. Geogr.*
- Rui, S., Ollivier-Trigalo, M., Fourniau, J.-M., 2001. Évaluer, débattre ou négocier l'utilité publique ? L'expérience de la mise en discussion publique des projets : identités et légitimités plurielles. *Ateliers de bilan du débat public, Les collec. ed. Editions TEC & DOC, Cachan*. [https://doi.org/10.1016/s0761-8980\(01\)90144-x](https://doi.org/10.1016/s0761-8980(01)90144-x)
- Ryan, R.M., Deci, E.L., 2000. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *Am. Psychol.* 55, 68-78. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>
- Sarkki, S., Balian, E., Heink, U., Keune, H., Nesshöver, C., Niemelä, J., Tinch, R., Van Den Hove, S., Watt, A., Waylen, K.A., Young, J.C., 2019. Managing science-policy interfaces for impact: Interactions within the environmental governance meshwork. *Environ. Sci. Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.05.011>
- Sauvé, L., 2008. Concevoir des jeux éducatifs en ligne : un atout pédagogique pour les enseignants –, in: *Colloque Ludovia. Ludovia Magazine*.
- Sauvé, L., 2007. Les eJeux : un moyen pour s'engager activement dans son apprentissage, in: *Questions de pédagogies dans l'enseignement supérieur. Les pédagogies actives : enjeux et conditions*. Louvain-La-Neuve, p. 53-66.
- Sauvé, L., Kaufman, D., 2010. *Jeux et simulations éducatifs : études de cas et leçons apprises*. Presses de l'Université du Québec.
- Sauvé, L., Leclerc, J., Sénécal, S., Bertrand, G., Tanguay, V., 2011a. Développer des jeux sérieux en ligne à l'aide d'une CGJS, in: *Colloque CETSIS 2011. Université du Québec à Trois-Rivières*.
- Sauvé, L., Sénécal, S., Kaufman, D., Renaud, L., Leclerc, J., 2011b. The design of generic serious game shell. 2011 *Int. Conf. Inf. Technol. Based High. Educ. Training, ITHET 2011* 1-5. <https://doi.org/10.1109/ITHET.2011.6018675>
- Sawada, S., Hattori, H., Odagaki, M., Nakajima, K., Ishida, T., 2008. *Participatory Simulation Platform Using Network Games*. Springer-Verlag New York Inc, p. 370.
- Sawyer, B., 2007. The « Serious Games » landscape, in: *Instructional & Research Technology Symposium for Arts, Humanities and Social Sciences*. Camden, USA.
- Sawyer, B., Rejeski, D., 2002. *Serious games: Improving public policy through game-based learning and simulation*. Washington, DC. Retrieved from <http://www.seriousgames.org/images/seriousarticle.pdf>.
- Schelling, T.C., 1971. Dynamic Models of Segregation. *J. Math. Sociol.* 1, 143-186.
- Schelling, T.C., 1961. Experimental Games and Bargaining Theory. *World Polit.* 14, 47-68. <https://doi.org/10.2307/2009555>
- Schmoll, L., 2016. Concevoir un scénario de jeu vidéo sérieux pour l'enseignement-apprentissage des langues ou comment dominer un oxymore. Université de Strasbourg.
- Schmoll, L., 2011. Usages éducatifs des jeux en ligne : l'exemple de l'apprentissage des langues. *Rev. des Sci. Soc.* 45, 148-157.
- Schmoll, L., Schmoll, P., 2012. Communautés de jeu et motivations à apprendre : Les hypothèses didactiques de Thélème, un jeu multi-joueurs en ligne pour l'apprentissage des langues. *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 34, 202-206. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.02.040>
- Schmoll, P., 2011a. Sciences du jeu : état des lieux et perspectives. *Rev. des Sci. Soc.* 45, 10-19.
- Schmoll, P., 2011b. Jeux sérieux : exploration d'un oxymore. *Rev. des Sci. Soc.* 45, 158-167.

- Searle, J.R., 1995. *The Construction of Social Reality, The construction of social reality*. The Free Press, New York.
- Séchet, R., Veschambre, V., 2006. *Penser et faire la géographie sociale*. Presses universitaires de Rennes, Rennes, France. <https://doi.org/10.4000/books.pur.362>
- Seddari, N., Belaoued, M., Bougueroua, S., 2017. Agent/Group/Role Organizational Model to Simulate an Industrial Control System. *World Acad. Sci. Eng. Technol.* 11, 2288-2297. <https://doi.org/10.1999/1307-6892/10008080>
- Seguin, L., 2018. Not in My Backyard, mobilisation, participation et alternatives : l'exemple d'une mobilisation contre le gaz de schiste, in: *Déclin et environnement, la biodiversité comme projet de rebond ?*
- Seguin, L., 2016. Les apprentissages de la participation. *Regards croisés sur un dispositif institué et une mobilisation contestataire*. Université de Tours.
- Seguin, L., 2015. Entre conflit et participation : double apprentissage dans un mini-public et un mouvement de contestation. *Participations* 13, 63-88. <https://doi.org/10.3917/parti.013.0063>
- Sen, A., 2004. Elements of a theory of human rights. *Philos. Public Aff.* <https://doi.org/10.1111/j.1088-4963.2004.00017.x>
- Seux, C., 2014. Écran(s). *Le télémaque* 45, 15-25.
- Sheeren, D., Becu, N., Amalric, M., Banos, A., Corson, N., Marilleau, N., 2014. *Recueil de fiches pédagogiques du réseau MAPS (2009-2014) : Modélisation multi-Agents appliquée aux Phénomènes Spatialisés*. Ecole Thématique MAPS.
- Sibertin-blanc, C., Roggero, P., Adreit, F., Baldet, B., Chapron, P., El-Gemayel, J., Mailliard, M., Sandri, S., 2013. SocLab: A Framework for the Modeling, Simulation and Analysis of Power in Social Organizations. *J. Artif. Soc. Soc. Simul.* 16, 8.
- Signoret, P., 2011. *Territoire, observation et gouvernance*. Outils, méthodes et réalités. Université de Franche-Comté.
- Simon, H.A., 1996. *The sciences of the artificial*. MIT Press. [https://doi.org/10.1016/S0898-1221\(97\)82941-0](https://doi.org/10.1016/S0898-1221(97)82941-0)
- Simon, J.L., Bartlett, A.A., 1985. The ultimate resource. *Am. J. Phys.* <https://doi.org/10.1119/1.14144>
- Simonin, J.-F., 2018. La tyrannie du court terme : quels futurs possibles à l'ère de l'anthropocène ? *Utopia*.
- Simonnot, B., 2008. Quand les moteurs de recherche appellent au jeu : usages ou détournements ? *Quest. Commun.* 95-114. <https://doi.org/10.4000/questionsdecommunication.752>
- Smajgl, A., House, A.P.N., Butler, J.R.A., 2011. Implications of ecological data constraints for integrated policy and livelihoods modelling: An example from East Kalimantan, Indonesia. *Ecol. Modell.* 222, 888-896. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.11.015>
- Squire, K., Jenkins, H., 2003. Harnessing the power of games in education. *InSight* 3, 7-33. <https://doi.org/10.1080/09500690110067011>
- Stadsklev, R., 1974. *Handbook of Simulation Gaming in Social Education*. Institute of Higher Education Research and Services, University of Alabama.
- Star, S.L., Griesemer, J.R., 1989. Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. *Soc. Stud. Sci.* 19, 387-420. <https://doi.org/10.1177/030631289019003001>
- Steenhuis, T.S., Oaks, R.L., Johnson, R., Sikkens, R., Vander Velde, E.J., 1989. Irrigation Rehab: A computer aided learning tool for system rehabilitation. *Irrig. Drain. Syst.* 3, 241-253. <https://doi.org/10.1007/BF01112808>
- Sterman, J.D., Franck, T., Fiddaman, T., Jones, A., McCauley, S., Rice, P., Sawin, E., Siegel, L., Rooney-Varga, J.N., 2015. WORLD CLIMATE: A Role-Play Simulation of Climate Negotiations. *Simul. Gaming* 46, 348-382. <https://doi.org/10.1177/1046878113514935>
- Stern, N., 2006. *The Stern Review Report : the Economics of Climate Change*.
- Stolovitch, H., Thiagarajan, S., 1980. *Frame games*. Educational Technology Publications, Englewood Cliffs.
- Sugiura, J., 2014. Using the " Stakeholders " Simulation Game to Understand Social Problem : An Application of a Frame Game to Assess Environmental and Health Conflict Resolution, in: *ISAGA 2014: The shift from teaching to learning: Individual, Collective and Organizational Learning through Gaming Simulation*. p. 523-530.
- Sweeney, L.B., 2018. An Educator's Guide to Systems Thinking - An Interview With Linda Booth Sweeney. *Humand Curr. - Epis.* 116.
- Sweeney, L.B., Meadows, D.L., 1995. *The Systems Thinking Playbook: exercices to stretch and build learning and systems thinking capabilities*. Turning Point Foundation, Massachusetts.
- Sweeney, L.B., Meadows, D.L., Mehers, G.M., 2011. *The Systems Thinking Playbook for Climate Change: A Toolkit for Interactive Learning*. GIZ.
- Swieringa, J., Wierdsma, A.F.M., 1992. *Becoming a learning organization: Beyond the learning curve*. Addison-Wesley Longman.
- Ter Minassian, H., Rufat, S., 2008. Et si les jeux vidéo servaient à comprendre la géographie ? *Cybergeog. Eur. J. Geogr.*
- Thaler, R.H., Sunstein, C.R., 2008. *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Yale University Press.
- Thatcher, D.C., 1990. Promoting learning through games and simulation. *Simul. Gaming* 21, 262-273. <https://doi.org/10.1080/08858190209528804>
- The club of Roma, 1970. *The predicament of mankind*. Work statement and proposal.
- Thiagarajan, S., 1992. Using Games for Debriefing. *Simul. Gaming* 23, 161-173. <https://doi.org/10.1177/1046878192232004>
- Thiagarajan, S., Stolovitch, H., 1979. Frame games : an evaluation. *Simul. Games* 10, 287-312.
- Thom, R., Noël, E., 1991. *Prédire n'est pas expliquer*. Eshel.
- Thomas, J., Ugucioni, J., 2016. *Equality and Economic Security Take a Hit: The Index of Economic Well-Being for Selected OECD Countries, 1980-2014*. Ottawa, Ontario.
- Tosey, P., Visser, M., Saunders, M.N.K., 2012. The origins and conceptualizations of « triple-loop » learning: A critical review. *Manag. Learn.* 43, 291-307. <https://doi.org/10.1177/1350507611426239>

- Tshibangu, A., Becu, N., Prévot, A.-C., Houte, S., 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 Rev. électronique en Sci. l'environnement* 18. <https://doi.org/10.4000/vertigo.23509>
- Turner, G.M., 2008. A comparison of The Limits to Growth with 30 years of reality. *Glob. Environ. Chang.* 18, 397-411. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.05.001>
- Ulrich, M., 1997a. Games/simulations about environmental issues: Existing tools and underlying concepts, in: *Gaming/Simulation for Policy Development and Organizational Change: Proceedings of the 28th Simulation and Gaming Association*. p. 301-311.
- Ulrich, M., 1997b. Simulation/Gaming for Learning about Sustainability and the Environment, in: Barlas, Y., Diker, V., Polat, S. (Éd.), *Proceedings of the 15th International System Dynamics Conference — Systems Approach to Learning and Education into the 21st Century*. Istanbul, Turkey, p. 509-513.
- Ulrich, M., 1997c. Links Between Experiential Learning and Simulation & Gaming, in: *Gaming/Simulation for Policy Development and Organizational Change: Proceedings of the 28th Simulation and Gaming Association*. p. 269-275.
- van Bruggen, A., 2017. *Transformative Modeling. Building Capacity for Transformation in Large Scale Socio-Technical Systems using Computer Modeling with Stakeholders*. TU Delft & Leiden University.
- van Bruggen, A., Nikolic, I., Kwakkel, J., 2019. Modeling with stakeholders for transformative change. *Sustain.* 11. <https://doi.org/10.3390/su11030825>
- Van de Ven, A., Hargrave, T.J., 2004. Social, technical, and institutional change: a literature review and synthesis, in: Poole, M.S., Van de Ven, A. (Éd.), *Handbook of organizational change*. Oxford University Press, New York, p. 259–303.
- van den Hove, S., 2011. Three key challenges of Environmental sciences: interdisciplinarity, dealing with uncertainty and science-policy interfaces, in: 6th ALTER-Net Summer School. Peyresq.
- van den Hove, S., 2007. A rationale for science-policy interfaces. *Futures* 39, 807-826. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2006.12.004>
- van den Hove, S., 2000. Approches participatives pour la gouvernance en matière de développement durable : une analyse en termes d'effets. *Cah. du C3ED* 38.
- Vasconcelos, E., Lucena, C., Melo, G., Irving, M., Briot, J.-P., Sebba, V., Sordoni, A., 2009. A serious game for exploring and training in participatory management of national parks for biodiversity conservation: Design and experience, in: *Games and Digital Entertainment (SBGAMES), 2009 VIII Brazilian Symposium on*. IEEE, p. 93-100.
- Vinck, D., 2009. De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière : vers la prise en compte du travail d'équipement. *Rev. d'anthropologie des connaissances* 3, 51-72. <https://doi.org/10.3917/rac.006.0051>
- Vinck, D., 1999. Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. *Rev. Française Sociol.* 40, 385-414.
- Voinov, A., Bousquet, F., 2010. Modelling with stakeholders. *Environ. Model. Softw.* 25, 1267-1488. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.03.007>
- Voinov, A., Kolagani, N., McCall, M.K., Glynn, P.D., Kragt, M.E., Ostermann, F.O., Pierce, S.A., Ramu, P., 2016. Modelling with stakeholders – Next generation. *Environ. Model. Softw.* 77, 196-220. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.11.016>
- Wang, H., Shen, C., Ritterfeld, U., 2009. Enjoyment of digital games: What makes them « seriously » fun?, in: *Serious games: mechanisms and effects*. Routledge, p. 25-47. <https://doi.org/10.4324/9780203891650>
- Weber, J., Bailly, D., 1993. Prévoir, c'est gouverner. *Natures Sci. Sociétés* 1, 59-64.
- Whitton, N., 2011. Game engagement theory and adult learning. *Simul. Gaming* 42, 596-609. <https://doi.org/10.1177/1046878110378587>
- Whitton, N., Moseley, A., 2014. Deconstructing Engagement: Rethinking Involvement in Learning. *Simul. Gaming* 45, 433-449. <https://doi.org/10.1177/1046878114554755>
- Wilensky, U., Stroup, W., 1999. Learning through participatory simulations: network-based design for systems learning in classrooms, in: *Proceedings of the 1999 conference on Computer support for collaborative learning*. Palo Alto.
- Wilson, D.W., Jenkins, J., Twyman, N., Jensen, M., Valacich, J., Dunbar, N., Wilson, S., Miller, C., Adame, B., Lee, Y.H., Burgoon, J., Nunamaker, J.F., 2016. Serious games: An evaluation framework and case study, in: *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. p. 638-647. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.85>
- Winnicott, D.W., 1975. *Jeu et réalité. L'espace potentiel*. Gallimard, Paris.
- Winnicott, D.W., 1971a. *Playing and reality*. Tavistock Publications.
- Winnicott, D.W., 1971b. Transitional objects and transitional phenomena, in: *Playing and Reality*. Tavistock Publications. <https://doi.org/10.4324/9780203441022>
- Wittgenstein, L., 1953. *Philosophical Investigations*. Macmillan, New York.
- Wollenberg, E., Anderson, J., Edmunds, D., 2001. Pluralism and the less powerful: Accommodating multiple interests in local forest management. *Int. J. Agric. Resour. Gov. Ecol.* <https://doi.org/10.1504/ijarge.2001.000012>
- World Bank, 1994. *The World Bank and Participation*. Washington, DC.
- Worrapimpong, K., Gajaseeni, N., Le Page, C., Bousquet, F., 2010. A companion modeling approach applied to fishery management. *Environ. Model. Softw.* 25, 1334-1344. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.03.012>
- Wouters, P., van der Spek, E.D., van Oostendorp, H., 2009. Current practices in serious game research: A review from a learning outcomes perspective, in: Connolly, T., Boyle, L., Stansfield, M. (Éd.), *Games-Based Learning Advancements for Multi-Sensory Human Computer Interfaces: Techniques and Effective Practices*. Information Science Reference, p. 232-250. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-360-9.ch014>
- Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H., van Der Spek, E.D., 2013. A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *J. Educ. Psychol.* 105, 249-265. <https://doi.org/10.1037/a0031311>

- Yamane, S., Sawada, S., Hattori, H., Odagaki, M., Nakajima, K., Toru, I., 2009. Participatory Simulation Environment gumonji/Q: A Network Game Empowered by Agents, in: PRIMA '09 Proceedings of the 12th International Conference on Principles of Practice in Multi-Agent Systems. Nagoya, p. 416-427. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-11161-7>
- Zanna, M.P., Rempel, J.K., 1988. Attitudes: A new look at an old concept, in: The social psychology of knowledge.
- Zichermann, G., Cunningham, C., 2011. Gamification By Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps. O'Reilly Media, Sebastopol. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Zyda, M., 2005. From visual simulation to virtual reality to games. Computer (Long Beach, Calif). <https://doi.org/10.1109/MC.2005.297>

Table des figures, tableaux et encarts

Figure 1 : Interactions humain-machine dans un environnement de simulation informatisée.....	16
Figure 2 : Types d'agents décisionnels selon Le Page et al. 2010.....	17
Figure 3 : Rencontre entre deux communautés au sein du simulation and gaming.....	21
Figure 4 : Une structure du débriefing en sept étapes.....	24
Figure 5 : Phases du débriefing selon le Miller's Anesthesia.....	25
Figure 6 : Positionnement de la simulation participative parmi différentes classifications.....	29
Figure 7 : Le pentagone ludique de Gilles Brougère.....	33
Figure 8 : L'activité ludique.....	35
Figure 9 : Les trois composantes de l'attitude.....	36
Figure 10 : Composition de l'indice de ludicité.....	39
Figure 11 : Briques Gameplay, version 3.1.....	41
Figure 12 : Classification des mécaniques de jeux de société.....	43
Figure 13 : Les composantes des social learning games.....	56
Figure 14 : Systèmes multi-agents.....	71
Figure 15 : Le processus de modélisation d'accompagnement.....	76
Figure 16 : Typologie des formes de participation.....	78
Figure 17 : Niveau d'implication des acteurs dans le processus de modélisation et de décision.....	79
Figure 18 : Lien entre DIS et DIL.....	83
Figure 19 : L'arène d'actions : des individus, des collectifs, des jeux de pouvoir et des règles.....	83
Figure 20 : Articulation entre le processus de modélisation d'accompagnement et le territoire.....	85
Figure 21 : Interagir à plusieurs sur la même simulation mais selon différents points de vue.....	87
Figure 22 : Intégration du concept d'habitus dans la plateforme Cormas.....	87
Figure 23 : Association jeu/modèle.....	88
Figure 24 : Chaîne de traductions du réel à la simulation.....	89
Figure 25 : Baromètre des outils - version actualisée.....	90
Figure 26 : Éléments pour adopter une posture d'accompagnement critique.....	107
Figure 27 : L'apprentissage d'une communication complexe.....	119
Figure 28 : Environnement d'interactions au sein d'une simulation participative.....	122
Figure 29 : Les mécaniques de jeu de la simulation participative.....	129
Figure 30 : Typologie des apprentissages souvent utilisée en modélisation d'accompagnement.....	134
Figure 31 : Évaluation des apprentissages de douze sessions NewDistrict,.....	135
Figure 32 : Effets d'apprentissage recensés dans 37 dispositifs de simulation participative.....	138
Figure 33 : Synthèse des apprentissages recensés dans la littérature sur le jeu sérieux.....	139
Figure 34 : Classification des effets d'apprentissage appliquée à la simulation participative.....	142
Figure 35 : Typologie des changements institutionnels selon Hargrave et Van de Ven.....	148
Figure 36 : Les différentes stratégies des participants à une simulation participative pour expérimenter l'action collective.....	149
Figure 37 : Différentes configurations des simulations participatives et leurs modalités.....	155
Figure 38 : Trois types d'artefacts en fonction du degré de réalisme.....	157
Figure 39 : Généricité et degré de réalisme.....	159
Figure 40: Vues spécifiques du territoire simulé, correspondant à trois des rôles de NewDistrict....	164
Figure 41 : Disposition des espaces de jeu dans NewDistrict.....	165
Figure 42 : Articulation entre déploiement du dispositif de simulation participative et territoire.....	175
Figure 43 : Que mesurer, comment et quand.....	186
Figure 44 : Protocole d'évaluation du dispositif LittoSIM.....	189

Figure 45 : Les quatre niveaux d'évaluation de Kirkpatrick et les méthodes d'évaluation associées	.190
Figure 46 : Les différents types d'évaluation	.....192
Figure 47 : Les éléments de jeu et un aperçu de la situation de jeu avec le kit WAG	.....201
Figure 48 : Les éléments de jeu et un aperçu de la situation de jeu avec le kit TerriStories	.....202
Figure 49 : Élaboration d'un frame game	.....205
Figure 50 : Généricité et degré de réalisme	.....207
Figure 51 : Types, ou degrés, d'engagement dans l'activité d'apprentissage	.....210
Figure 52 : Fonctionnement d'un socio-écosystème	.....216
Figure 53 : Modèle conceptuel de la relation acteur-ressource dans le modèle de territoire	.....217
Tableau 1 : Recensement des éléments de jeu utilisés dans VASSAL et Tabletopia	.....45
Tableau 2: Adaptation du tableau sur la fréquence des principaux facteurs ludiques des jeux vidéo	.66
Tableau 3 : Les dimensions de l'asymétrie de rôles et les exemples associés	.....165
Tableau 4 : Composantes et facteurs du DIL, pour l'intégration dans les territoires	.....176
Tableau 5 : Éléments de design d'une posture de non-neutralité pour une concertation équitable	.182
Encart 1 : Premier aperçu de la comparaison entre un jeu non informatisé et un jeu informatisé	.....15
Encart 2 : L'origine de l'utilisation du terme « jeu de rôles » en modélisation d'accompagnement	...18
Encart 3 : Les systèmes multi-agents selon Ferber	.....72
Encart 4 : Aperçu des communautés de pratique de la simulation participative	.....138

Annexes

Annexe 1. Construction de la classification des mécaniques de jeu adaptée à la simulation participative

Le modèle des Briques Gameplay proposé par Julian Alvarez (Alvarez 2018) et présenté au Chapitre §3.5.1, apparaît comme un outil pertinent pour proposer une sémantique des mécaniques de jeu utilisées en simulation participative. Pour ce faire, il mérite cependant d'être adapté au *game design* des simulations participatives. Pour cette adaptation, je me suis efforcé d'identifier les briques élémentaires des mécaniques de jeu, sans chercher systématiquement à définir une grammaire qui permette de les associer ensemble. C'est pourquoi, dans cette proposition, on ne retrouve pas les familles de briques Résultats et Condition, qui sont des sortes de familles composites. Cela n'empêche toutefois pas de proposer des combinaisons de briques de moyens pour décrire certaines mécaniques de jeu. En outre, le sens donné à certaines briques est parfois différent de celui qu'Alvarez propose. L'Annexe 2 donne la définition retenue pour chacune des briques. Voici les éléments des Briques Gameplay qui ont été adaptés pour une application au *game design* des simulations participatives.

- Shooter, qui s'applique aux jeux vidéo, est remplacé par Viser.
- Écrire et Vocaliser, qui décrivent le moyen plutôt que l'intention, sont remplacés par Communiquer, qui peut prendre la forme d'une communication écrite, orale ou par gestes. Communiquer se subdivise en deux briques qui sont Émettre (de l'information) et Recevoir (de l'information).
- Plutôt que de ranger les briques Créer et Détruire dans la famille Résultat (une famille où les briques peuvent s'associer avec des briques Objectifs ou Moyens), je propose de les considérer plutôt comme des briques « Objectif et/ou Moyen (O/M) ». Pour la clarté du propos, j'associe à ces deux briques O/M deux autres briques de moyen, qui sont respectivement Ajouter et Supprimer.
- Gérer, un terme trop polysémique dans le domaine de la simulation participative, est remplacé par Associer.
- Quelques combinaisons de briques sont proposées à ce stade. Par exemple : Récolter = Choisir + Transformer ; Utiliser = Associer + (Créer / Détruire / Transformer).

L'analyse de la classification de Rotenberg (cf. Chapitre §3.5.2) qui suit permet d'amender et de compléter les mécaniques déjà identifiées. Pour mener à bien cette analyse, il convient de respecter le niveau d'organisation des Briques Gameplay qui sert de trame. C'est pourquoi par exemple, les

différents types de mécaniques de hasard identifiés par Rotenberg sont agrégés pour ne garder qu'une brique dénommée Randomiser. De même, j'ai choisi de traiter certaines des catégories proposées par Rotenberg comme des éléments de configuration de la pratique de la simulation participative (cf. Chapitre §8.1.1), plutôt que comme des mécaniques de jeu. C'est le cas par exemple, des asymétries ou encore du rythme du jeu. Voici les éléments de la classification de Rotenberg retenus pour amender la classification des mécaniques de jeu.

- Les mécaniques liées aux interactions entre joueurs. Cet ensemble de mécaniques est traité comme une catégorie de moyens pour atteindre des objectifs. Cette catégorie comprend la brique Communiquer, préalablement identifiée, à laquelle s'ajoutent Échanger des ressources (ou *commerce* pour Rotenberg), Négocier (des accords), S'Allier et S'Opposer (principe de briques opposées utilisé dans les Briques Gameplay), Se Comparer (aux autres). Cette dernière brique est inspirée de la mécanique *d'affrontement direct* identifiée par Rotenberg. Se Comparer peut-être combiné à d'autres briques de la façon suivante : Se Comparer + S'Opposer = S'affronter ; Se comparer + S'Allier = Coopérer.
- Les mécaniques liées à la gestion des informations. Si la brique Communiquer permet de traduire l'échange d'informations entre joueurs, la structure d'un jeu comprend également des mécaniques liées aux informations sur les éléments de jeu identifiées par Rotenberg (*mémoire, information secrète*). Une nouvelle catégorie de moyens est créée qui comprend les briques Chercher (ou Acquérir, ou Obtenir) de l'information sur les éléments de jeu (cette brique pourrait aussi s'intituler Inspecter des éléments de jeu), Mémoriser et Oublier (sens opposé), Cacher et Révéler de l'information (*information secrète* et son contraire).
- La catégorie des mécaniques liées à l'accès aux ressources semble tout à fait pertinente pour l'application à la simulation participative. J'ai toutefois choisi de lui associer des briques différentes, qui correspondent mieux aux pratiques de la simulation participative. Une nouvelle catégorie de briques de moyens intitulée Régulation est donc créée. Elle comprend les briques Autoriser et Bloquer (sens opposé), ainsi que la brique Restreindre (ou Réglementer).
- Les mécaniques liées à l'esprit, à la réflexion et à la spéculation (*déduction, bluff, programmation, pari*) sont agrégées en une seule brique dénommée Anticiper. Cette brique est proche de la catégorie Spéculation, mais son sens plus générique permet également de refléter les mécaniques de programmation et de déduction. Ainsi, la brique Anticiper peut être combinée pour faire apparaître des mécaniques de l'esprit : Déduire = Anticiper + Associer ; Programmer¹⁵⁰ = Anticiper + Choisir ; Bluffer = Anticiper + Communiquer ; Parier = Anticiper + Randomiser + Choisir. La

¹⁵⁰ La mécanique de programmation dans les jeux de société correspond à un type de règles bien précis, où les joueurs doivent prévoir à l'avance les actions qu'ils vont faire, puis, lorsque toute le monde est prêt, exécuter chacun les actions prévues dans un certain ordre.

nouvelle brique Anticiper et la brique Randomiser sont toutes deux des mécaniques liées au futur. Elles sont donc rangées dans une nouvelle catégorie de briques de moyens, intitulée Traitement du futur.

- Les mécaniques liées aux moyens psychomoteurs. La classification de Rotenberg identifie tout un ensemble de mécaniques associées aux compétences psychomotrices qu'il est intéressant de remobiliser. Cet ensemble permet de compléter la brique Viser, qui était la seule brique de moyen psychomoteur identifiée à partir des Briques Gameplay. Une nouvelle catégorie de briques de moyens est donc créée, qui comprend les briques Observation rapide, Dextérité (contrôle, coordination et rapidité de la motricité), Viser (qui fait appel à l'observation, à la dextérité et à l'anticipation). Ces briques peuvent être combinées à d'autres, comme par exemple : Lancer = Viser + Déplacer.
- Les mécaniques d'objectifs associés aux relations inter-joueurs. L'analyse des jeux de société de Rotenberg fait apparaître une autre catégorie d'objectifs, qui est liée au caractère multi-joueurs des jeux de société. Comme pour Créer et Détruire, ces mécaniques peuvent être des objectifs ou des moyens. Une nouvelle catégorie de briques « Objectif et/ou Moyen (O/M) » intitulée Rapport inter-équipes est donc créée. Elle comprend les briques Coopération, Compétition, Semi-coopération et Indifférence (ou Détachement).

Annexe 2. Définition des briques de mécanique de jeu utilisées en simulation participative

Voici la définition des différentes briques à ce stade.

Mécanique d'objectif à atteindre :

- Atteindre : faire évoluer un ou plusieurs éléments dans un état ou un lieu précis.
- Éviter : maintenir, ou préserver, un ou plusieurs éléments dans un état d'équilibre ou un lieu précis.
- Créer : créer un élément ou plusieurs éléments, qui peuvent éventuellement être agencés d'une certaine façon.
- Détruire : éliminer un ou plusieurs éléments.

Rapports entre les équipes incités ou indiqués par les règles de jeu :

- Coopératif : les équipes sont invitées à progresser ensemble dans le jeu.
- Compétitif : les équipes sont mises en concurrence.
- Semi-coopératif : les équipes sont invitées à progresser ensemble sur certains aspects du jeu et à être dans un rapport de compétition ou de neutralité sur d'autres aspects du jeu.
- Indifférent : aucune mécanique de jeu n'incite à la coopération ou à la compétition. Les équipes peuvent choisir librement de coopérer, de s'affronter ou de rester dans un rapport de neutralité.

Mécanique de moyen de type usage ou manipulation des éléments de jeu :

- Choisir : sélectionner un élément ou une option de jeu dans un ensemble possible (défini ou non). Le choix peut être tangible, en touchant, saisissant ou prenant une pièce de jeu. Il peut être numérique, en sélectionnant un élément à l'écran par un périphérique entrant (clavier, souris, écran tactile, etc.). Il peut être cognitif, en pensant à l'élément que l'on sélectionne.
- Déplacer : déplacer un élément de jeu. Le plus souvent il s'agit d'une pièce de jeu.
- Transformer : changer l'état d'un élément de jeu. Par exemple, changer l'état d'occupation du sol d'une case du plateau de jeu.
- Ajouter : ajouter une pièce de jeu dans l'espace de jeu. Il peut également s'agir de prendre une pièce de jeu venant d'un autre espace de jeu (par exemple la réserve de pièces du joueur), pour la placer sur le plateau de jeu.
- Supprimer : retirer une pièce de jeu de l'espace de jeu. Il peut également s'agir de retirer une pièce de jeu du plateau de jeu, mais en la déplaçant dans un autre espace de jeu (par exemple dans une réserve de pièces du joueur).
- Associer : associer ensemble deux éléments de jeu ou plus. L'association des éléments de jeu permet d'offrir au joueur de nouvelles possibilités de jeu, mais elle ne change pas la nature de chacun des éléments constitutifs.

Mécanique d'interaction entre joueurs :

- Communiquer : mécanique permettant aux joueurs de communiquer ensemble, oralement, par écrit ou par gestes, pour partager des informations, des avis, des émotions. La mécanique de communication peut se décomposer en une mécanique d'émission de l'information et une mécanique de réception de l'information (avec d'éventuels biais de transmission). La communication peut être directe ou passer par l'intermédiaire d'éléments de jeu (par exemple une pièce de jeu que l'on déplace pour faire passer un message).
- Échanger des ressources : troc ou commerce de pièces de jeu, représentant le plus souvent des ressources.
- Négocier des accords : s'accorder avec un ou plusieurs autres joueurs sur une série d'actions que le ou les autres joueurs vont faire. L'accord peut être réciproque ou non. La négociation est une forme de communication ainsi qu'une forme d'échange, mais il ne s'agit pas dans ce cas d'échanger des informations ou des ressources, mais des promesses d'action.
- S'Allier : se mettre d'accord avec un ou plusieurs joueurs pour partager un même objectif.
- S'Opposer : agir pour parvenir à un objectif avant un autre joueur ou empêcher un autre joueur d'atteindre son objectif. La mécanique de jeu associée peut contraindre à rendre publique l'opposition (opposition ouverte) ou non.
- Se Comparer aux autres : mécanique permettant aux joueurs de pouvoir mettre en comparaison les différents joueurs, par exemple par les pièces de jeu qu'ils ont en leur possession ou par un indicateur.

Mécanique de régulation des usages et manipulation des éléments de jeu :

- Autoriser : permettre à des joueurs de faire des opérations d'usage ou de manipulation (voir catégorie Usage/Manipulation) sur des éléments de jeu (le plus souvent des pièces de jeu).

- Bloquer : empêcher des joueurs de faire des opérations d'usage ou de manipulation (voir catégorie Usage/Manipulation) sur des éléments de jeu (le plus souvent des pièces de jeu).
- Restreindre (ou Réglementer) : consigne indiquant dans quelle proportion et sous quelles conditions des joueurs peuvent faire des opérations d'usage ou de manipulation (voir catégorie Usage/Manipulation) sur des éléments de jeu (le plus souvent des pièces de jeu).

Mécanique de traitement de l'information sur les éléments de jeu :

- Chercher (ou Acquérir) de l'information sur les éléments de jeu¹⁵¹ : mécanique permettant au joueur d'obtenir de l'information sur un élément de jeu, par exemple pour connaître son état, son emplacement, ou son système de régulation. L'information peut être accessible pour tous ou uniquement pour certains joueurs. Son accès peut être régulé (voir catégorie Régulation).
- Mémoriser : mécanique sollicitant la mémoire du joueur. Des éléments de jeu peuvent être mis à disposition pour inviter le joueur à, ou lui permettre de, mémoriser (fiche ou interface récapitulative des données en cours de jeu par exemple).
- Oublier : mécanique amenant le joueur à oublier ou ne pas pouvoir mémoriser des informations de jeu. Cette mécanique peut s'appuyer sur la surabondance d'informations, sur l'espacement des temps de jeu ou le fait de retirer des éléments de jeu ayant préalablement servi à mémoriser des informations.
- Révéler : mécanique consistant à révéler un élément de jeu qui était jusque-là caché. Cela peut concerner un joueur, une équipe ou tous les joueurs.
- Cacher : mécanique consistant à cacher un élément de jeu qui était jusque-là visible. Cela peut concerner un joueur, une équipe ou tous les joueurs.

Mécanique liée à la façon dont le joueur est invité à traiter le futur :

- Anticiper : prévoir ce qui peut se produire dans la suite du jeu et agir en conséquence dans l'instant présent. Il peut s'agir de prévoir des actions que l'on va exécuter par la suite, de prévoir des changements d'état ou de position des éléments de jeu, de prévoir les actions que les autres joueurs vont faire ou bien encore d'anticiper la réaction qu'un autre joueur va avoir face à une situation donnée. Pour pouvoir anticiper, le joueur doit avoir des informations sur les conséquences possibles de ses actions.
- Randomiser : générer une valeur, choisir un élément, prendre une décision au hasard.

Mécanique liée à la psychomotricité du joueur :

- Motricité fine (ou Dextérité) : mécanique invitant le joueur à se déplacer, ou à déplacer un élément de jeu, avec dextérité. La dextérité fait appel au contrôle, à la coordination et à la rapidité des gestes.
- Observation rapide (ou Repérage) : mécanique invitant le joueur à repérer visuellement des éléments de jeu dans un temps imparti.
- Viser : atteindre un ou des élément(s) situé(s) à distance, en tenant compte d'un certain nombre de contraintes liées à la physique de l'environnement, à des obstacles ou à des repères en mouvement.

¹⁵¹ Cette brique pourrait aussi s'intituler Inspecter un élément de jeu