



**HAL**  
open science

## Ludification de la participation à la décision : L'expérience du jeu sérieux SimParc

Jean-Pierre Briot, Marta de Azevedo Irving, Isabelle Alvarez

### ► To cite this version:

Jean-Pierre Briot, Marta de Azevedo Irving, Isabelle Alvarez. Ludification de la participation à la décision : L'expérience du jeu sérieux SimParc. 2024. hal-04408269v3

**HAL Id: hal-04408269**

**<https://hal.science/hal-04408269v3>**

Preprint submitted on 15 Jul 2024

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

# Ludification de la participation à la décision : L'expérience du jeu sérieux SimParc\*

Jean-Pierre Briot<sup>1, 2</sup>, Marta de Azevedo Irving<sup>3</sup> et Isabelle Alvarez<sup>4, 5</sup>

<sup>1</sup> Sorbonne Université, CNRS, LIP6  
F-75005 Paris, France  
[Jean-Pierre.Briot@lip6.fr](mailto:Jean-Pierre.Briot@lip6.fr)

<sup>2</sup> DI, PUC-Rio  
Rua Marquês de São Vicente, 225 – Rio de Janeiro, 22451-900 RJ - Brésil

<sup>3</sup> EICOS, IP, UFRJ  
Avenida Pasteur, 250 – Rio de Janeiro 22290-240 RJ, Brésil  
[mirving@mandic.com.br](mailto:mirving@mandic.com.br)

<sup>4</sup> Université Paris-Saclay, AgroParisTech, INRAE, UMR MIA Paris-Saclay  
F-91120 Palaiseau, France  
[Isabelle.Alvarez@inrae.fr](mailto:Isabelle.Alvarez@inrae.fr)

<sup>5</sup> CNRS, ISC-PIF  
113 rue Nationale, F-75013, Paris, France

## 1. Introduction

Parmi la diversité des formes de participation existantes dans les sciences et recherches participatives (SRP), nous présentons ici un processus parfois utilisé pour faciliter la participation, celui de la ludification<sup>1</sup>. En effet, quand la tâche est complexe ou rébarbative, le jeu peut constituer une source de motivation à participer pour les volontaires. Certaines plateformes ludifient la participation, en permettant par exemple aux volontaires les plus actifs de gagner des badges ou d'autres formes de reconnaissance<sup>2</sup>. La ludification est cette fois au cœur de notre projet en matière de gestion participative de l'environnement, dans lequel la dynamique d'un conseil de gestion d'espace protégé est « jouée » à travers un jeu de rôle informatisé. Dans ce chapitre, nous présentons les motivations du projet, son élaboration comme un jeu sérieux informatisé et les étapes de construction de celui-ci, avant de présenter un retour d'expériences.

## 2. Origines

---

\* Cet article sera publié comme un chapitre du futur ouvrage collectif « Sciences et Recherches Participatives – Réseau Science Ensemble », coordonné par Laure Turcati et Alexandra Villarroel, à paraître en 2024. Cet ouvrage vise à apporter des éléments de réflexion et de méthode pour la coordination de projet de sciences et recherches participatives et se base principalement sur l'expérience collective des membres du réseau Science Ensemble, porté par les établissements de l'Alliance Sorbonne Université, et animé principalement par Sorbonne Université et le Muséum National d'Histoire Naturelle.

<sup>1</sup> Équivalent francisé du terme « gamification », qui désigne le fait d'introduire certains mécanismes de jeu (jeu de rôle, jeu vidéo, économie expérimentale, etc.) dans des processus de formation (ou d'apprentissage ou d'exploration), de manière à les rendre ludiques et ainsi plus motivants. On parle aussi de « jeu sérieux », c'est-à-dire avec des objectifs (de type formation) et non pas uniquement à but de divertissement.

<sup>2</sup> C'est le cas par exemple pour la plateforme des Herbonautes d'annotation de planches d'herbiers numérisés.

Notre projet SimParc<sup>3</sup> est né en 2005 du souhait d'une chercheuse en gestion sociale de la biodiversité à l'Université Fédérale de Rio de Janeiro (UFRJ) et d'un chercheur en informatique au LIP6 (Sorbonne Université et CNRS, à Paris) d'explorer conjointement des méthodologies de gestion participative de parcs et espaces protégés, en utilisant diverses techniques d'informatique avancée. Ces espaces protégés (il existe différentes typologies selon les pays, par exemple, parcs nationaux, parcs régionaux, réserves marines, réserves extractivistes<sup>4</sup>...) sont créés pour conserver la biodiversité, mais également pour favoriser l'inclusion sociale. Afin de permettre une participation des points de vue des différents acteurs sociaux concernés<sup>5</sup> (par exemple : populations traditionnelles, ONG de défense d'espèces menacées, opérateur de tourisme, etc.), la gouvernance d'un espace protégé inclut en général un conseil de gestion, constitué de représentants des différents acteurs sociaux concernés.

L'approche ComMod (Companion Modeling) (Barreteau *et al.* 2003) a été notre source d'inspiration première. Elle est fondée sur la combinaison d'un jeu de rôles (jeu sérieux), où les joueurs et joueuses jouent les rôles des différents acteurs sociaux concernés, et d'une modélisation et simulation multi-agent (individus-centrée<sup>6</sup>) de l'évolution des ressources renouvelables concernées (par exemple, eau, forêts, poissons...). Les sessions de jeu consistent en une alternance de décisions individuelles des joueurs et joueuses (par exemple, prélèvement d'une quantité de ressources telles que eau, poissons...) et collectives (par exemple, la construction d'une digue) et d'un cycle de simulation de l'évolution des ressources renouvelables, dont le résultat permet ainsi d'informer les joueurs et joueuses sur l'impact de leurs décisions ainsi que leurs interdépendances, et ainsi les aide à mieux appréhender les enjeux (et stratégies) de gestion collective raisonnée (Barreteau *et al.* 2003).

### 3. Objectifs

Dans notre projet SimParc, la participation ne se situe ainsi pas au niveau de la collecte de données mais dans la participation des acteurs sociaux au processus de prise de décision de gestion environnementale (au niveau d'un parc ou d'un espace protégé). Soulignons que notre objectif ne constitue pas un outil d'aide à la décision directement applicable aux espaces protégés réels, mais un support à des fins épistémiques et pédagogiques, pour améliorer le processus de décision.

Il faut souligner à ce sujet notre souhait de réconcilier deux approches de décision traditionnellement opposées :

---

<sup>3</sup> Le nom provient de : Simulation de la gestion participative de parcs et espaces protégés, pour la conservation de la biodiversité et l'inclusion sociale.

<sup>4</sup> Le concept de réserve extractiviste est né en Amazonie Brésilienne dans les années 80, comme la combinaison d'une extraction raisonnable du latex d'Hévéa par la population locale, tout en garantissant une protection durable de la forêt. D'autres types d'extraction durable locale (par exemple, noix de palmiers, poissons...) sont possibles suivant la nature des réserves de ce type (24 types au Brésil).

<sup>5</sup> « Stakeholders », en anglais.

<sup>6</sup> La caractéristique première d'un modèle de simulation individus-centrés est de se fonder sur une représentation explicite de l'ensemble des individus du système ainsi que de leurs interactions. Il s'agit donc d'une description des mécanismes au niveau des individus qui composent le système, par opposition à des modèles plus classiques, qui expriment des dynamiques (par équations différentielles par exemple) sur des variables agrégées (donc directement à un niveau global). Le terme multi-agent, parfois interprété par certains auteurs comme synonyme de individus-centré, est restreint par certains chercheurs à des modèles dont les entités respectent certains critères plus ou moins bien définis (autonomie ou sociabilité par exemple). Le prototype du modèle individus-centré est l'automate cellulaire, développé à l'origine par les physiciens, pour étudier les problèmes liés à l'agrégation et illustre la complexité des phénomènes collectifs : des automates extrêmement simples acquièrent des comportements globaux extrêmement riches, difficilement déductibles directement à partir des dynamiques individuelles. Ici, les modèles sont étudiés pour leurs propriétés intrinsèques, au niveau collectif. (Adapté de Deffuant et al., 2003).

- L'approche technocratique, fondée sur une approche technique, mais sans participation des acteurs sociaux concernés. Le risque est le déficit d'acceptabilité des décisions, mais également l'incapacité d'intégrer d'éventuelles informations ou stratégies potentielles développées par les acteurs sociaux.
- L'approche participative, fondée sur la participation des acteurs sociaux concernés. Le risque est cette fois de ne pas fonder suffisamment techniquement les décisions. On peut ainsi arriver en théorie au paradoxe d'une décision consensuelle mais au final mauvaise (pour la majorité ou la totalité des acteurs sociaux). Un autre risque est la difficulté à départager entre opinions et solutions, si elles restent incommensurables (risque de relativisme), autrement que par des manipulations (élever la voix, argumentations morales, intimidation, etc.).

Pour minimiser ces risques et rapprocher ces deux approches, nous proposons d'adjoindre à chaque joueur des aides techniques, sous la forme d'agents assistants, pour les aider à fonder leurs décisions en mettant en regard leurs objectifs et les moyens qu'ils se donnent, et également à négocier, en quantifiant les efforts à faire pour rapprocher leurs objectifs.

#### **4. Partenariat**

Nous avons progressivement construit un groupe de chercheurs, chercheuses, enseignants-chercheurs, enseignantes-chercheuses, étudiantes et étudiants (en master ou doctorat), composé à la fois de spécialistes en gestion environnementale et en informatique. Nous avons découvert qu'un projet interdisciplinaire, et en plus international entre deux pays (Brésil et France), nécessite du temps pour acquérir les connaissances et codes culturels mutuels, mais l'investissement en vaut largement la peine. En pratique, nous avons travaillé dès le début avec des réunions très régulières incluant les chercheurs et chercheuses en gestion de l'environnement et en informatique et ainsi progressivement construit une culture partagée. De plus, plusieurs duos étroits se sont spontanément formés entre des doctorants et doctorantes des deux disciplines et ont accéléré les avancées.

#### **5. Exemple de scénario**

Nous avons tout d'abord identifié un premier cas d'usage, le Parc National de Tijuca, parc national brésilien (ICMBIO 1961), situé dans la ville de Rio de Janeiro (le Corcovado en fait notamment partie), voir la Figure 1. Nous avons pu observer la constitution et le fonctionnement de son conseil de gestion qui venait d'être créé. Nous avons en particulier identifié l'étape de « zonage » du parc, qui consiste à décider pour chaque sous-partie géographique du parc le niveau de conservation souhaité, comme une des étapes clés de délibération du conseil. Dans la législation brésilienne, il existe un certain nombre de niveaux prédéfinis, par exemple : intangible qui correspond à une conservation totale, ou historico-culturel, quand il y a des lieux remarquables au niveau patrimonial et touristique.



**Figure 1. Parc national de Tijuca.** Source : (ICMBIO 1961) + Google Maps

Nous avons alors construit un premier scénario autour d'un parc fictif<sup>7</sup>, un ensemble de rôles d'acteurs sociaux<sup>8</sup>, plus le ou la gestionnaire du parc, qui est l'ultime décisionnaire (voir le cycle pédagogique à la Figure 2), autour du processus de zonage des sous-parties du parc<sup>9</sup>. Dans ce scénario de jeu, selon son profil et les éléments d'intérêt prioritaires (attrait culturel, attrait touristique, lieu de nidification d'une espèce menacée...), chaque joueur ou joueuse jouant le rôle d'un acteur social (membre du conseil de gestion) va tenter d'influencer la décision du conseil sur le niveau (type) de conservation pour les sous parties du parc qu'il ou elle considère prioritaires. Des conflits d'intérêts émergent ainsi rapidement entre les joueurs et joueuses, conduisant à diverses stratégies de négociation (par exemple, formation d'une coalition, échange de soutien mutuel pour des objectifs respectifs, etc.).

Un rôle spécial dans le scénario est celui du ou de la gestionnaire du parc. Il ou elle participe au jeu, mais en tant qu'arbitre et décideur ou décideuse, et non directement en tant que joueur ou joueuse. Il ou elle observe les négociations qui se déroulent entre les acteurs sociaux et prend la décision finale relative aux

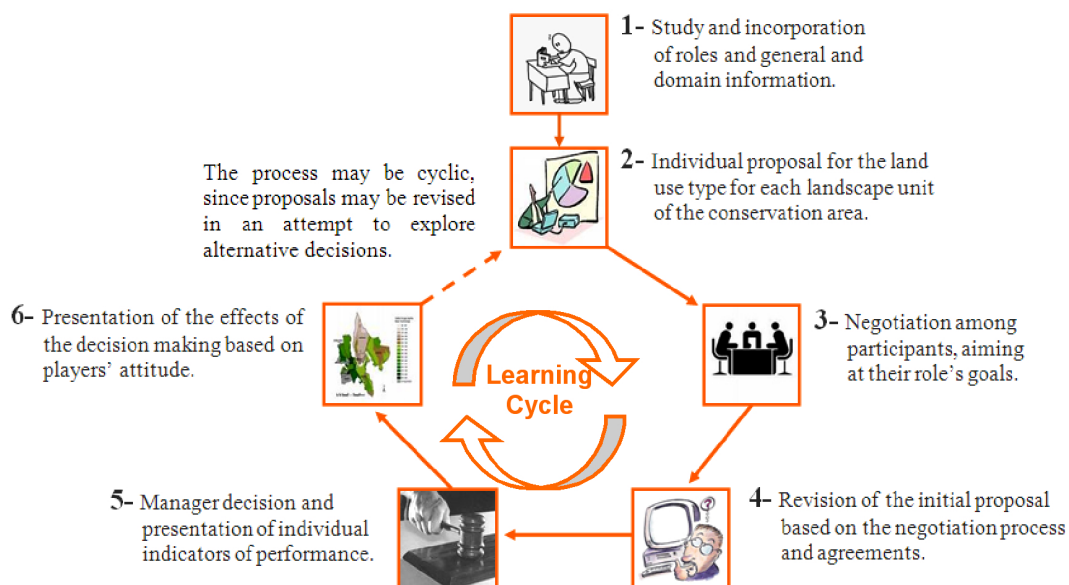
<sup>7</sup> Nous voulions garder un caractère générique à notre scénario, pour éviter aux joueurs et aux joueuses de trop s'identifier à un cas réel spécifique. En cela, notre objectif n'est pas d'aider à résoudre directement des problèmes spécifiques liés à un espace protégé particulier, mais de travailler au niveau épistémique, sur l'amélioration par les acteurs et actrices du processus lui-même (de résolution des conflits d'usage).

<sup>8</sup> Agence de qualité de l'eau, chercheur en biodiversité, communauté traditionnelle, (représentant d') habitations de luxe, hôtel, mairie, ONG environnementaliste, opérateur de tourisme, et mairie.

<sup>9</sup> En faisant l'hypothèse que le découpage du parc en sous-parties géographiques avait déjà été effectué.

niveaux de conservation de chaque sous-partie du parc<sup>10</sup>. La décision du ou de la gestionnaire du parc est basée sur la cadre juridique, sur le processus de négociation entre les acteurs et sur son profil personnel (par exemple, plus écologiste ou plus ouvert aux préoccupations sociales) (Irving 2006). Elle ou il pourra également être amené à expliquer sa décision, si les joueurs et joueuses le demandent.

Nous avons testé ce scénario à travers des sessions de jeu, dans un premier temps avec des supports manuels (cartes, informations, voir la Figure 3), avec des participants et participantes du groupe de recherche en gestion participative d'espaces protégés de Marta Irving<sup>11</sup>. Ces premières expériences nous ont permis de valider le concept et de confirmer l'importance du processus de négociation entre les joueurs et joueuses (voir la Figure 4) et l'intérêt potentiel d'une aide méthodologique et informatique en vue de sa structuration et d'une assistance.



**Figure 2. Le cycle épistémique du jeu sérieux.** Schéma de José Eurico Vasconcelos (Vasconcelos *et al.* 2009)

<sup>10</sup> Au Brésil, le conseil de gestion d'un parc national est de nature consultative, laissant ainsi les décisions finales au gestionnaire. Le conseil de gestion d'une réserve extractiviste est lui de nature décisionnaire, avec un vote des membres du conseil.

<sup>11</sup> En pratique, des étudiants et étudiantes de post-grade et des chercheurs et chercheuses associé(e)s, dont des gestionnaires professionnels de parcs.



**Figure 3. Cartes et documentation. Photo : Jean-Pierre Briot**



**Figure 4. Exemple de négociation en cours. Photo : Jean-Pierre Briot**

## 6. Premier prototype informatique de jeu sérieux

Nous avons alors conçu un premier prototype de jeu de rôle informatisé distribué adapté au scénario (Briot *et al.* 2017). Il est constitué d'une architecture de type serveur Web, auquel chaque joueuse ou joueur est connecté à travers un ordinateur (ou une tablette), ceci rendant un déploiement facile ainsi que la possibilité de jouer à distance. Ce choix permet également d'enregistrer toutes les conversations, qui pourront ensuite être analysées lors du debriefing, humainement ou avec des outils informatiques d'analyse automatique. Enfin, cette architecture permet d'introduire des agents non humains dans le jeu, comme assistants des joueurs et joueuses, ou comme substituts d'acteurs sociaux ou du gestionnaire. Nous avons ainsi notamment construit et testé : un gestionnaire artificiel proposant et capable de défendre (par argumentation) ses décisions (Sordoni *et al.* 2010), ainsi que des prototypes d'agents assistants : d'analyse de décision (proximités des choix, relations de dominance...); de médiation pour proposer des compromis et leur argumentation ; et d'analyse de viabilité (respect des objectifs qu'un joueur ou joueuse se donne, par exemple en matière de biodiversité) pour la décision et la négociation (Zaleski *et al.* 2019). L'idée est en effet d'offrir une variété d'assistants offrant des points de vue et objectifs complémentaires (analyse de viabilité, décision, négociation, etc.), chacun pouvant offrir une aide personnalisée à chaque joueuse ou joueur<sup>12</sup>, tout en se coordonnant entre eux, pour des étapes telles que la négociation. Enfin, nous avons également doté le prototype d'interfaces utilisateurs spécialisées pour les joueurs et joueuses, permettant de structurer les dialogues selon les intentions de communication (Vasconcelos *et al.* 2009).



Figure 5. Session de jeu informatisée. Photo : Jean-Pierre Briot

<sup>12</sup> À la différence d'une aide technique unique et centralisée (pour tous les joueurs et joueuses), comme c'est par exemple le cas pour une simulation multi-agent complétant le jeu de rôle dans la méthodologie ComMod (ComMod 2003).



## 7. Premiers retours d'expériences

Nous avons testé ce premier prototype à différentes reprises et avec différents types de public. Nous présentons ci-dessous l'analyse de l'une des sessions de test du jeu (illustrée à la Figure 5).

Les 9 rôles du jeu<sup>13</sup> et celui de gestionnaire du parc ont été joués par des humains. Presque tous étaient des experts ou expertes en gestion d'espaces protégés (étudiants, étudiantes, chercheurs, chercheuses, du secteur public ou d'ONG, dont un gestionnaire de parc professionnel du Brésil). Nous avons également inclus des personnes qui n'avaient pas de connaissances en gestion d'espace protégés : un participant expérimenté en jeux informatisés (jeux sérieux et jeux vidéo) et une autre débutante complète.

Dans l'ensemble, le jeu a été bien évalué par les joueurs et joueuses. Nous avons analysé les données sur les sessions de jeu (questionnaires écrits, débriefing enregistré, etc.). Deux aspects du jeu ont été évalués positivement par les participants et participantes à la session de jeu : la structure (scénario, règles et tâches) et le contenu (scènes, conflits, gestion de l'environnement). SimParc a été évalué comme un jeu sérieux ayant atteint l'objectif de créer une arène virtuelle de gestion collective offrant un excellent exercice de négociation, stimulant l'interaction active et l'intérêt des joueurs et joueuses, augmentée par l'échange possible des rôles. Par ailleurs, le fait que le jeu ne nécessite pas d'être installé en tant que nouveau programme sur les ordinateurs, ce qui signifie une facilité de déploiement et de diffusion, a été reconnu comme un point important.

Enfin, une découverte intéressante après les sessions de jeu est que tous les joueurs et joueuses ont appris et tiré profit du jeu. Les experts et expertes ont exploré et affiné des stratégies de négociation et de gestion, ce qui laisse entrevoir un potentiel de l'utilisation de ce type de jeu sérieux pour leur formation, tandis que les débutants et débutantes ont profité du jeu comme une initiation sur les enjeux de la conservation de la biodiversité. En d'autres termes, le jeu est apparu tolérant par rapport au niveau réel d'expertise des joueurs et joueuses, un aspect qui n'avait pas été prévu à l'avance (pour plus de détails sur le prototype et son évaluation, voir par exemple (Briot *et al.* 2017)).

## 8. Autres expérimentations

Suite à ces premières expériences, prototypes, tests et analyse des retours des participants et participantes, sans oublier les résultats des thèses de doctorat et de master conduites par différents étudiants et étudiantes dans le cadre du projet, nous avons ensuite construit un deuxième scénario et un deuxième prototype de jeu sérieux. Nous avons cette fois choisi le cas d'une réserve extractiviste marine, avec une modélisation de l'évolution de ses ressources (poissons, tortues, plages...) en fonction des décisions et actions<sup>14</sup> des acteurs sociaux (pêcheurs traditionnels, touristes...). Comme pour le premier scénario, nous nous sommes inspirés d'un cas réel, après l'avoir étudié de manière approfondie, en l'occurrence la réserve extractiviste marine de Arraial do Cabo, dans l'État de Rio de Janeiro. Nous avons aussi développé un modèle d'agent assistant en analyse de viabilité, pour aider chaque joueur ou joueuse à évaluer si ses décisions individuelles de gestion sont viables (c'est-à-dire permettent de respecter à tout moment les objectifs qu'il ou elle se donne, par exemple critères de biodiversité<sup>15</sup>, économiques, sociaux...) et également pour aider les joueurs et joueuses à négocier entre eux (elles) (pour plus de détails, voir par exemple (Zaleski *et al.* 2019) et (Alvarez *et al.* 2023)).

---

<sup>13</sup> Introduits au paragraphe 5.

<sup>14</sup> Dans une réserve extractiviste, les populations locales traditionnelles peuvent utiliser, de manière raisonnée, des ressources biologiques (pêche, fruits, latex, etc.), alors que dans le 1<sup>er</sup> scénario de parc national (au paragraphe 4), la réglementation brésilienne ne permet qu'une utilisation indirecte des ressources, notamment par de l'éco-tourisme.

<sup>15</sup> Par exemple que la population d'une espèce menacée ne descende jamais en dessous d'un seuil critique.

## 9. Conclusion

Nous espérons, à travers ce texte<sup>16</sup>, avoir pu motiver le positionnement relativement original en termes de sciences participatives de notre projet SimParc. Nous comptons continuer à le tester comme aide à la formation de gestionnaires d'espaces protégés<sup>17</sup>, en lien avec des institutions telles que l'ICMBIO au Brésil et l'OFB (Office français de la Biodiversité) en France. Une voie alternative, et complémentaire, est en matière d'initiation environnementale pour un public non expert, à travers un jeu sérieux de type SimCity<sup>18</sup> à scénario et actions simplifiés permettant d'observer leur impact sur la dynamique de l'espace protégé. Enfin, on peut constater que, bien que le projet soit centré sur la gestion participative d'espaces protégés, l'objectif est en fait plus large : les conflits d'usage de ressources renouvelables partagées, à l'image du problème de la Tragédie des biens communs (Hardin 1968). Nous espérons que notre expérience pourra ainsi servir d'inspiration à d'autres projets en matière de soutien informatique à la gestion de ressources partagées et la résolution de conflits d'usage.

## Remerciements

Nous tenons à remercier nos ex-étudiants et étudiantes et maintenant collègues pour leurs contributions au projet, et en particulier : Alessandro Sordoni, Gustavo Mendes de Melo, José Eurico Vasconcelos et Laetitia Zaleski.

## Références

- Alvarez, I., Zaleski, L., Briot, J.-P., De Azevedo Irving, M. (2023) Collective Management of Environmental Commons with Multiple Usages: A Guaranteed Viability Approach, *Ecological Modelling*, Vol. 475, Article 110186.
- Barreteau, O. et al. (2003) Our Companion Modelling Approach, *Journal of Artificial Societies and Social Simulation (JASSS)*, 6(2):1.
- Briot, J.-P., De Azevedo Irving, M., Alvarez, I., Zaleski, L. (2024) Jeux sérieux et assistants de décision et de négociation pour la gestion participative d'espaces protégés – Expérience du projet SimParc, hal-04643313. <https://hal.science/hal-04643313>
- Briot, J.-P., De Azevedo Irving, M., Vasconcelos Filho, J., Mendes de Melo, G., Alvarez, I., Sordoni, A., Pereira de Lucena, C. (2017) Participatory Management of Protected Areas for Biodiversity Conservation and Social Inclusion: Experience of the SimParc Multi-Agent Based Serious Game, In Adamatti, D. F. (Ed.), *Multi-Agent Based Simulations Applied to Biological and Environmental Systems*, *Advances in Computational Intelligence and Robotics (ACIR) Book Series*, IGI Global, pp. 295–332.
- ComMod (2003) Companion Modeling, Collectif ComMod. <https://www.commod.org/>
- Deffuant, G., Amblard, F., Duboz, R., Ramat, E. (2003) Une démarche expérimentale pour la simulation individus-centrée, 10<sup>èmes</sup> Journées de Rochebrune : Rencontres interdisciplinaires sur les systèmes

---

<sup>16</sup> Une version très étendue de ce texte avec présentation du deuxième scénario/prototype et du modèle d'agent assistants en analyse de viabilité est consultable en (Briot *et al.* 2024).

<sup>17</sup> Nous avons d'ailleurs imaginé un générateur de configuration/scénario, en fonction de la nature souhaitée de situations de conflits pour l'entraînement de professionnels.

<sup>18</sup> SimCity est un jeu vidéo mi-ludique mi-sérieux introduit à la fin des années 80 où l'objectif pour le joueur ou la joueuse est de créer et développer une ville dont la dynamique est simulée. Le joueur ou la joueuse joue le rôle d'un ou d'une maire à la tête d'un budget qu'il ou elle utilise pour aménager et développer la ville (création de zones urbaines, commerciales ou industrielles, de réseaux d'eau, électriques et de transport, d'équipements type écoles et hôpitaux, etc.). Des erreurs de gestion peuvent entraîner des effets négatifs comme des révoltes, de la pollution, ou l'abandon des constructions.

- complexes naturels et artificiels – Épistémologie de la simulation, Rochebrune, ENST Editions, janvier 2023, pages 43–62.
- Hardin, G. (1968) The Tragedy of the Commons, *Science*, 162(3859):1243–1248.
- ICMBIO (1961) Parque Nacional da Tijuca, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasil. <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/mata-atlantica/lista-de-ucs/parna-da-tijuca/parna-da-tijuca>
- Irving, M. A. (2006) Áreas Protegidas e Inclusão Social: Construindo Novos Significados, Rio de Janeiro: Aquarius.
- Sordoni, A., Briot, J.-P., Alvarez, I., Vasconcelos, E., Irving, M. A., Melo, G. (2010) Design of a Participatory Decision Making Agent Architecture Based on Argumentation and Influence Function – Application to a Serious Game about Biodiversity Conservation, *RAIRO – An International Journal on Operations Research*, 44(4):269–284.
- Vasconcelos, E., Briot, J.-P., Irving, M. A., Barbosa, S., Furtado, V. (2009) A User Interface to Support Dialogue and Negotiation in Participatory Simulations, In N. David & J. S. Sichman (Eds.), *Multi-Agent-Based Simulation IX*, LNAI 5269, Springer-Verlag, pp. 127–140.
- Zaleski, L., Alvarez, I., Briot, J.-P., De Azevedo Irving, M. (2019) Viaduc : Un assistant de viabilité pour la négociation dans un éco-socio-système, 17<sup>èmes</sup> Rencontres des Jeunes Chercheurs en Intelligence Artificielle (RJCIA 2019), Toulouse, pp. 43–53.