

Rapport de stage de deuxième année d'école d'ingénieur (équivalent M1)

Co-construction d'un jeu de gestion des pêcheries dans la plaine inondable del Lago Grande do Curuai au Brésil



BANCEL Nina,
étudiante de deuxième année à Montpellier SupAgro
Promotion 019

Stage effectué à l'UMR SENS, au sein du CIRAD
du 15/06/21 au 31/08/21

Maître de stage : Christophe Le Page
Tuteur pédagogique : Gwenolé Le Velly

Remerciements

Mon été 2021 a été parfaitement comblé avec ce stage, qui m'a fait découvrir tant de personnes inspirantes et m'a guidée sur la voie des jeux dans le domaine scientifique.

Alors, je remercie l'équipe du projet BONDS pour sa patience, son ambiance chaleureuse et ses sourires.

Je remercie particulièrement mon maître de stage, Christophe Le Page, pour son soutien, sa disponibilité et sa motivation tout au long de mon stage. Il a été un bien meilleur maître de stage que je n'aurais osé l'espérer, surtout entouré de stagiaires comme il l'est. J'espère que ces deux mois et demi auront été, du moins professionnellement, réussis et qu'ils auront mené à de belles avancées dans ces projets.

À Marie-Paule Bonnet et Kévin Chapuis, pour m'avoir donnée un aperçu de leurs connaissances et savoirs-faire, et avoir toujours écouté mes propositions patiemment.

J'ai bénéficié de conseils constructifs et toujours très rapides de mon tuteur pédagogique, Gwenolé Le Velly, lors de cet été. Je lui dois un rapport plus affuté, mais surtout, d'avoir piqué ma curiosité pour les jeux sérieux grâce aux sessions du jeu *Down by the Sea* en dominante 3 en 2020, ce qui m'a permis de trouver ce superbe stage et d'envisager ce domaine professionnel.

Je dois à mes compères stagiaires de belles journées à parler et tester nos jeux respectifs. Merci d'être sources d'inspiration.

J'ai une pensée aussi pour ces deux belles journées au Mas Aubert avec l'équipe du projet RADIPAM, qui ont été riches en partage. Merci.

Merci enfin à mes précieux.ses partenaires de Suède, qui m'ont soutenue pour ce retour au quotidien français.

Sommaire

Remerciements	2
Sommaire	3
Table des figures	4
INTRODUCTION	5
PARTIE 1 : PRÉSENTATION DU PROJET	7
Approche participative de la modélisation d'accompagnement	7
Diagramme ARDI	8
Jeux de rôle	8
Le Projet BONDS	9
Les objectifs du stage	11
PARTIE 2 : LA REVUE SYSTÉMATIQUE DE LA LITTÉRATURE	12
Problématique et catégorisation des jeux	12
Chronologie : les étapes d'une revue systématique de la littérature	13
L'extraction de données : exemples d'articles analysés et problèmes soulevés	15
PARTIE 3 : LE JEU PESCA VIVA	16
Planning prévu et adaptations	16
Le système écologique et social dans la plaine inondable de Lago Grande de Curuai	17
La pêche	18
Organisation sociale des communautés	19
Réglementation et conflits autour de la ressource piscicole	19
Buts du jeu	20
La version première co-construite par Louise Jaffré	21
Le plateau et les zones de pêche	21
Actions des pêcheurs	22
Dynamique de la ressource en poissons	23
Les éléments repris au cours de mon stage qui ont abouti à une version testée fin août	24
Plateaux	24
Cartes profils	25
Geleiros	25
Chronologie d'une partie de jeu	26
Événements spéciaux	26
Communication entre les joueurs	27
Calcul du stock	27
Matériels de pêche	29
Mécanisme de pêche	29
Session test fin août et avancées futures	30
DISCUSSION	32
BIBLIOGRAPHIE	33

Table des figures

Figure 1 : Exemple de diagramme ARDI utilisé pour le projet BONDS

Figure 2 : Chronologie de la succession des projets Clim-FABIAM et BONDS

Figure 3 : Modules de recherche et objectifs associés dans le cadre du projet international BONDS

Figure 4 : Schéma récapitulatif des situations d'utilisation des trois catégories de jeux (source: Redpath et al. 2018)

Figure 5 : Etapes de la revue systématique de la littérature

Figure 6 : Calendrier prévisionnel et réel du projet BONDS

Figure 7 : Calendrier de la pêche

Figure 8 : Spatialisation des activités de la plaine inondable (rapport de mission de l'équipe payasage du projet Clim-FABIAM conduit par A-E Laques, 2013)

Figure 9 : Plateaux de jeu (mémoire de fin d'études de Louise Jaffré, 2020)

Figure 10 : Plateaux de jeu avec les coûts de déplacement

Figure 11 : Nouveaux plateaux de jeu

Figure 12 : Exemples de cartes profils des joueurs

Figure 13 : Chronologie d'une partie de jeu

Figure 14 : Tableau comparatif des deux espèces fictives de poissons

Figure 15 : Plateaux montrant la répartition des deux espèces de poissons selon la saison (la taille du poisson est proportionnelle à son abondance)

Figure 16 : Tableaux des coefficients d'étendue spatiale

Figure 17 : Mécanisme physique de pêche dans un sac

Figure 18 : Éléments du jeu utilisés lors de la session test

Figure 19 : Schéma des dynamiques de jeu et des éléments à inclure

INTRODUCTION

Ce rapport retrace deux mois et demi de stage au sein de l'UMR SENS au CIRAD et plus particulièrement au sein du projet BONDS, *Balancing biODiversity coNservation with Development in Amazonian wetlands*. Ce projet international, dirigé par Marie-Paule Bonnet (IRD), concerne la gestion des ressources piscicoles dans les plaines inondables d'Amazonie et questionne sa durabilité face à des changements rapides (sociaux, économiques et climatiques). Les travaux soutenus en France par le CIRAD s'articulent autour de la co-construction d'un jeu sur les pêcheries locales dans les plaines inondables amazoniennes et de l'écriture d'une revue systématique de la littérature sur les jeux relatifs aux pêcheries utilisés dans le domaine scientifique.

L'Amazone est de loin le plus grand fleuve du monde, en termes de débit et de bassin versant. Il prend sa source dans les Andes péruviennes et traverse l'Amérique du Sud jusqu'à se jeter dans l'Océan Atlantique au Brésil. Le projet BONDS s'ancre dans l'Etat du Para au Brésil et plus particulièrement la plaine inondable du Lago Grande do Curuai. Ces environnements suivent le rythme des crues et des décrues de l'Amazone et de ses affluents, qui peuvent immerger une vaste surface autour du lit principal chaque année pendant plusieurs mois, de mai à juillet. Les communautés installées dans ces plaines inondables ont été obligées d'adapter leurs activités au rythme des saisons. On compte l'agriculture, l'élevage, la pêche et l'extractivisme (cueillette de produits de la forêt) comme activités majoritaires. Les cultures sont les plus éloignées du lit principal, de même que l'extractivisme, qui demande une surface forestière. Celle-ci est malheureusement de plus en plus faible, notamment à cause de la déforestation pour créer de nouvelles pâtures pour les élevages. Les élevages migrent en effet des abords du fleuve qu'ils occupent pendant la saison sèche jusqu'à s'enfoncer plus profondément dans les terres lorsque la saison des crues arrive. Ces derniers ont un impact sur la qualité des écosystèmes aquatiques et donc sur la pêche (Jaffré, 2020). La pêche est premièrement un moyen de subsistance pour les communautés locales puis une source de revenus que les habitants peuvent combiner à une autre activité, lorsqu'il devient compliqué de pêcher en période de crue. Les pêcheurs constatent de plus en plus une diminution des populations habituelles de poissons depuis quelques années avec des pêches moindres et un milieu plus pollué qu'avant. Des régulations locales encadrant les activités de pêche ont été mises en place suite à des échanges impliquant notamment un syndicat de pêcheurs et l'IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - L'institut Brésilien de l'environnement et des ressources naturelles renouvelables), qui souhaitent oeuvrer pour un usage plus durable des ressources.

Au vu des enjeux de plus en plus marqués pour atteindre une gestion durable des ressources, de nouveaux outils sont apparus et on a vu notamment l'émergence des jeux sérieux dans le domaine de l'environnement et de la gestion des ressources depuis le milieu des années 1990 (Rodela, 2019). Ce sont des jeux qui ont un but au-delà du divertissement, visant plutôt la sensibilisation des acteurs et encourageant la prise de décisions vers des pratiques plus durables en engageant pleinement le joueur (Edwards, 2019). Ils sont un moyen permettant de mieux accomplir la transition vers un futur plus durable dans un objectif d'éducation. En effet, les acteurs peuvent mieux comprendre les problèmes liés à la durabilité des ressources et avoir un meilleur aperçu des stratégies possibles d'adaptations (Stanistas, 2020). Ces jeux reconstruisent un environnement réel ou inspiré du réel où il devient possible d'expérimenter de nouvelles pratiques et stratégies et observer leurs conséquences, de façon

moins dangereuse et moins coûteuse que dans la vraie vie (Madani, 2017). Les jeux sont aussi un excellent outil de collecte et d'échanges d'informations et de perceptions différentes d'un même système. Ils permettent en effet de communiquer avec des acteurs ayant des niveaux d'éducation différents et ainsi de les mettre sur un pied d'égalité (Rodela, 2019). Dans cette optique, les collaborations interdisciplinaires sont primordiales pour approcher une vision holistique du système étudié au travers du jeu ainsi que les débriefs, à la fin des sessions de jeu, entre les différents acteurs (Madani 2017).

Le jeu développé dans le projet BONDS, *PescaViva*, est co-construit selon les principes de la démarche de modélisation d'accompagnement (ComMod), autour d'une question structurant le processus. Cette approche est née en 1996 dans le cadre de la recherche pour la gestion des ressources naturelles et renouvelables et de l'environnement. On admet dans cette démarche que tous les points de vue se valent et que la co-construction est un phénomène itératif, où il sera nécessaire de revenir sur des anciennes perceptions et connaissances pour faire avancer le jeu vers une version finale partagée qui satisfait tous les acteurs. Les scientifiques du projet BONDS travaillent main dans la main avec des acteurs locaux et en particulier des pêcheurs et des organismes de régulation de la pêche. La pandémie de Covid-19 a suspendu temporairement les missions sur le terrain, mais l'équipe a malgré tout gardé des contacts avec des scientifiques brésiliens participant au projet et a continué en parallèle de passer en revue l'utilisation des jeux sur la gestion des ressources halieutiques dans le milieu scientifique.

Les revues systématiques de la littérature permettent de faire l'état de l'art d'un sujet donné, en suivant une méthodologie transparente et reproductible (Mengist et al., 2020). En rassemblant et en analysant les articles pertinents d'une thématique, les revues systématiques de la littérature servent de tremplin pour une meilleure prise en main du sujet dans le futur et encouragent donc les innovations et la recherche. L'enjeu est ici double puisque la revue, portant sur les jeux participatifs développés sur la pêche et utilisés dans un milieu scientifique, aide à la fois à la co-construction du jeu et à fournir une base à la recherche et à la prise de décisions sur ce sujet.

Ce rapport se structure en trois parties : premièrement, la présentation du projet qui fixe le contexte dans lequel l'équipe a évolué et les travaux préalables au projet BONDS et explique la démarche ComMod ; deuxièmement, la revue scientifique de la littérature qui fut une petite partie de mon stage ; et finalement, l'évolution du jeu sérieux PescaViva qui représente la majeure partie de mon travail.

PARTIE 1 : PRÉSENTATION DU PROJET

Ce stage prend place au sein de l'UMR SENS (Savoirs, Environnement, Sociétés) qui se focalisent sur les interactions entre les dynamiques sociales et écologiques dont les changements profonds de nos sociétés sont une conséquence directe. L'unité étudie les processus de décisions collectives et accompagne les acteurs des systèmes écologiques et sociaux à mieux appréhender ces derniers en comprenant leurs influences et en modifiant celles-ci pour mieux répondre aux enjeux futurs. L'accent est mis sur la diversité des connaissances et des perceptions, autant celles des chercheurs que celles des acteurs du système.

I. Approche participative de la modélisation d'accompagnement

Le projet BONDS s'appuie sur une approche méthodologique participative basée sur un partage de connaissances entre différents acteurs menant à une construction collective de modèles. Ces modèles, représentations simplifiées de la réalité d'un système, sont construits au fur et à mesure de la démarche, autant comme support de réflexion entre acteurs locaux et scientifiques, que comme des produits de cette démarche suite aux échanges entre acteurs. Ils prennent de nombreuses formes : jeux de rôle, simulations à base d'agents¹ ...

Cette démarche participative est appelée la modélisation d'accompagnement (Companion Modeling ou ComMod). Elle a été développée à partir de 1993 au sein de l'UR GREEN du CIRAD pour encourager une gestion collective des ressources naturelles et a abouti en 2004 à une charte du "commodien", qui explicite le cadre éthique d'utilisation de la démarche ComMod notamment la posture à adopter par les chercheurs et les principes de la démarche (Charte ComMod, 2004). ComMod met en œuvre un processus d'apprentissage et de partage autour d'une problématique discutée avec les acteurs, où les savoirs scientifiques sont confrontés à des savoirs empiriques apportés par les acteurs locaux. Ces derniers sont définis comme ceux utilisant directement le système étudié, mais aussi ceux qui ont une vision d'ensemble de celui-ci. Ainsi, tous les points de vue sont légitimes dans un système où le scientifique n'est qu'un acteur parmi d'autres, ce qui suppose que les avancées, hypothèses et résultats des chercheurs soient totalement transparents pour les acteurs locaux et réfutables par ces derniers.

ComMod a été enrichie de nombreuses expériences et a été mobilisée pour des objectifs divers. Elle peut autant servir à mieux comprendre un système socio-écologique qu'à élaborer un plan de gestion collective et aider à la médiation de conflits sur l'accès aux ressources. C'est aussi un outil important pour sensibiliser les acteurs à une problématique et donner plus d'autonomie aux acteurs locaux (*empowerment*) (Haentjens, 2014).

La démarche ComMod, qui vise à modéliser des systèmes complexes, nécessite la construction de représentations simplifiées. Au fur et à mesure de la démarche, des outils sont combinés pour réfléchir collectivement au système étudié et plusieurs itérations sont effectuées entre le terrain et le modèle pour affiner la représentation de ce dernier. Ces outils de modélisation et de simulation sont par exemple la méthode ARDI (Acteurs, Ressources,

¹ Un système multi-agents est un ensemble de processus informatiques se déroulant au même moment et faisant agir et communiquer entre eux des agents. Ces agents sont des entités, comme des robots ou des humains, perçues comme autonomes en cela que leur comportement dépend au moins partiellement de leur propre expérience (Weiss, 1999).

Dynamiques et Interactions), les jeux de rôles, les simulations multi-agents... Le projet BONDS s'est appuyé sur un diagramme ARDI et vise à co-construire un jeu de rôle, ce sont donc deux outils qui seront présentés ici.

A. Diagramme ARDI

La méthode ARDI est un outil de la démarche participative qui permet de discuter de la problématique définie, durant des sessions collectives réunissant les acteurs du territoire. Les acteurs sont les premiers à être explicités : ce sont ceux qui ont un rôle ou pourraient intervenir dans la gestion du territoire. Ils agissent sur des ressources. Pour celles-ci, on se demande quelles sont les principales en jeu et ce qu'il faudrait savoir pour parvenir à leur gestion durable. Les dynamiques sont ajoutées ensuite. Il faut se demander comment les acteurs interviennent dans ces dynamiques et les affectent. Les interactions, liens entre toutes les entités, sont les dernières à être discutées, la méthode aboutissant à la réalisation d'un diagramme.

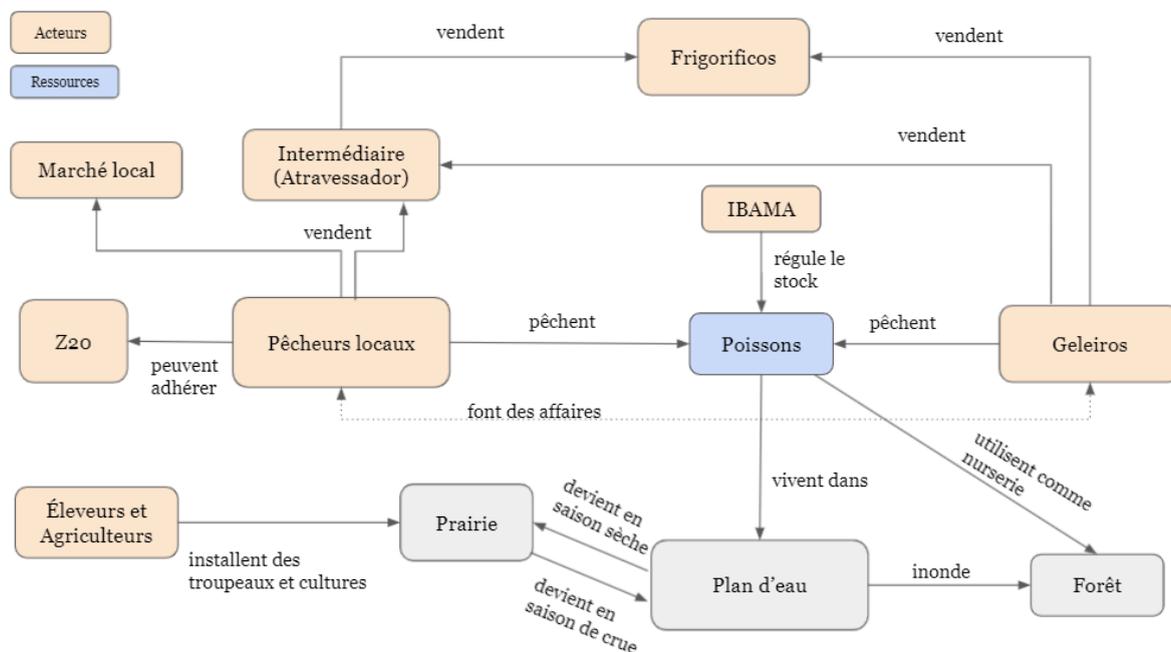


Figure 1 : exemple de diagramme ARDI utilisé pour le projet BONDS

Au cours du processus, des composantes du système étudié sont proposées, incluses au diagramme ou retirées. Cet outil est avant tout un support de discussion et il est donc important de garder trace des raisons pour lesquelles on ajoute ou on enlève une entité. Le diagramme final pourra être utilisé ensuite comme support de travail, définissant un plan de gestion ou servant à la construction d'un jeu de rôle ou d'une simulation multi-agent par exemple.

B. Jeux de rôle

Les jeux de rôle sont des jeux pour lesquels les joueurs endossent une identité imposée par le cadre du jeu, souvent différente de leur identité réelle (Edwards, 2019). Les jeux de rôle

offrent un espace de dialogue entre les participants et permettent de rendre compte des différents points de vue et stratégies mises en place autour de la problématique proposée par le jeu. La méthodologie ARDI permet de fournir un diagramme sur lequel s'appuyer pour savoir quelles sont les entités à intégrer au jeu et comment représenter le système étudié de façon simplifiée. Les dynamiques entre ces entités puis les règles du jeu sont ensuite définies par l'expertise des chercheurs et des acteurs locaux mais aussi au travers d'enquêtes.

Les jeux de rôle ont de nombreuses utilisations. Rodela et al. (2019) liste les types d'usage suivant :

- Les jeux pour s'amuser. Ils sont utilisés comme passe-temps pour se divertir, relever des défis et avoir des contacts sociaux.
- Les jeux pour la recherche. Ils font partis d'un processus de recherche dans le but de rassembler des données ou de valider des modèles relatifs aux objectifs donnés.
- Les jeux pour enseigner. Ils sont utilisés comme partie d'une formation dans un cadre éducatif et se rapportent à des objectifs définis par l'enseignement.
- Les jeux pour promouvoir le changement. Ils servent à créer des opportunités pour échanger et partager des informations et stimulent les réflexions autour d'une problématique donnée.

Ils sont utilisés sur le terrain avec les acteurs pour faciliter les prises de décision collectives et arriver à une compréhension mutuelle. En effet, les jeux de rôle sont des moyens efficaces d'apprentissage puisqu'ils sont abordables par tous et que leur aspect ludique garantit un peu plus d'intérêt et d'implication. De plus, les participants endossent leur propre rôle ou le rôle d'un autre acteur du système, ce qui incite à plus de partage de connaissances. Les chercheurs peuvent alors échanger directement sur les stratégies employées dans le jeu par des acteurs interagissant avec le système au quotidien et les participants peuvent se rendre compte des implications d'être un autre acteur du système (Stanistas, 2020). Les jeux de rôle peuvent aussi permettre de rapprocher la communauté scientifique et les acteurs locaux qui travaillent main dans la main et apportent chacun des pierres à l'édifice.

On peut parler de jeux de rôle contextualisés ou théoriques selon qu'ils s'ancrent dans un système aux caractéristiques très spécifiques ou qu'ils restent abstraits. Ce choix dépend de la problématique et des objectifs du jeu. Dans le cas de la gestion des ressources piscicoles, on peut citer Fish Banks (Meadows & Fiddaman, 1998) comme jeu de rôle théorique, avec comme but d'aider à mieux appréhender les difficultés inhérentes à la gestion durable des ressources naturelles en libre accès.

II. Le Projet BONDS

Le projet BONDS (*Balancing biODiversity conservatioN with Development in Amazon wetlandS*) fait suite au projet Clim-FABIAM. Ce dernier avait pour but l'étude de la biodiversité aquatiques et terrestres dans les plaines inondables d'Amazonie et ses dynamiques face au réchauffement climatique. Il a pris place au sein de l'UR GREEN (Gestion des ressources renouvelables et environnement) durant trois ans (2012 à 2015) et s'intéressait aux adaptations des populations locales face à ces changements. Le projet Clim-FABIAM a notamment mené à la création d'un jeu de rôle représentant la plaine inondable, *Varzea Viva*, et à une simulation multi-agent qui supportait le jeu par la suite.

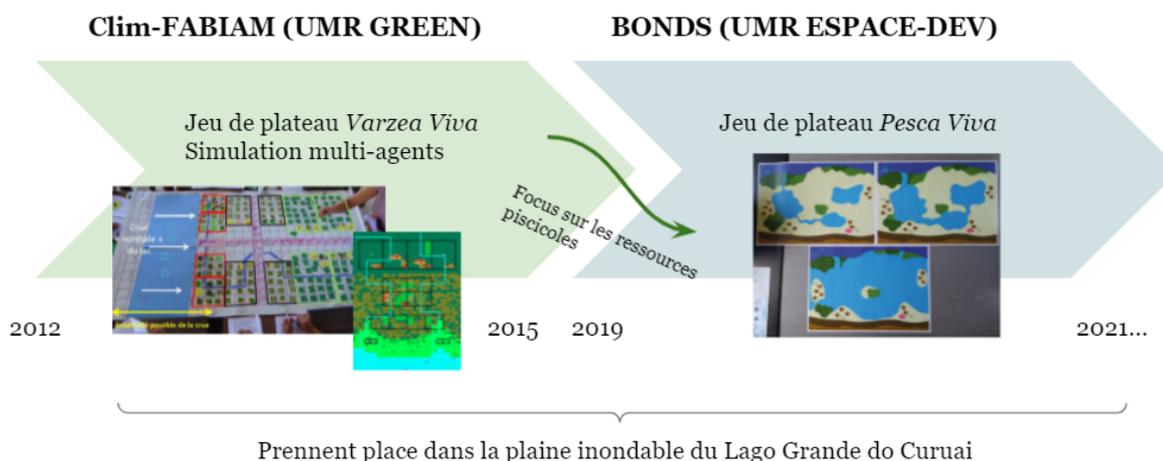


Figure 2 : Chronologie de la succession des projets Clim-FABIAM et BONDS

Le projet BONDS est porté par l'IRD et dirigé par Marie Paule Bonnet (UMR ESPACE-DEV). Il réunit des scientifiques pluridisciplinaires de sept pays différents. Lors de mon stage, l'équipe était composée de deux chercheurs et un post-doctorant français, Marie-Paule Bonnet, Christophe Le Page et Kévin Chapuis respectivement, et de trois chercheurs, post-doctorante, doctorante brésiliens, Gustavo Melo, Neriane de Hora, et Joine Cariele. Le projet est financé par le réseau de financeurs BiodivERSA, de l'Agence Nationale de la Recherche et de Belmont Forum.

Ce projet a pour but de faire émerger des solutions en faisant appel aux acteurs locaux dans un processus participatif pour une gestion des ressources piscicoles dans les plaines inondables en Amazonie, dans un contexte de changements socio-économiques et climatiques rapides. Il s'articule autour de trois objectifs majeurs :

1. Améliorer la cartographie des milieux des plaines inondables grâce aux outils de télédétection, de données sur le terrain et de modélisation.
2. Mieux comprendre comment les changements au sein de la structure et des fonctions des écosystèmes affectent la biodiversité et engendrent des adaptations au sein des plaines inondables et approfondir les connaissances des interactions entre les populations locales et leur environnement.
3. Évaluer la contribution des politiques publiques et de la gouvernance à la préservation des écosystèmes et à la conservation de la biodiversité.

Marie-Paule Bonnet, en tant que directrice de projet, est chargée de la communication entre les différentes parties du projet et de la diffusion des résultats, qui devraient être rendus accessibles à la communauté scientifique, aux acteurs et aux décideurs.

Christophe Le Page dirige le *workpackage* 3 au CIRAD. Ce *workpackage* se concentre sur la création d'un jeu de rôle sur la pêche dans un premier temps, avec pour but de mieux comprendre les pratiques locales et de faire interagir les pêcheurs entre eux de sorte qu'ils partagent leurs stratégies et leurs opinions. Une fois qu'aura émergé une vision commune du système, le jeu de rôle servira aussi à développer un modèle de simulation à base d'agents (Agent-Based Model) destiné à explorer les effets des changements climatiques et à évaluer les scénarios établis sur la base de critères choisis par les acteurs comme le revenu ou le renouvellement du stock de poissons. L'étape finale est d'élargir ce modèle à la plaine

inondable de Curuai toute entière pour améliorer la gestion des pêcheries et de faire le lien avec d'autres activités comme l'agriculture ou l'élevage.

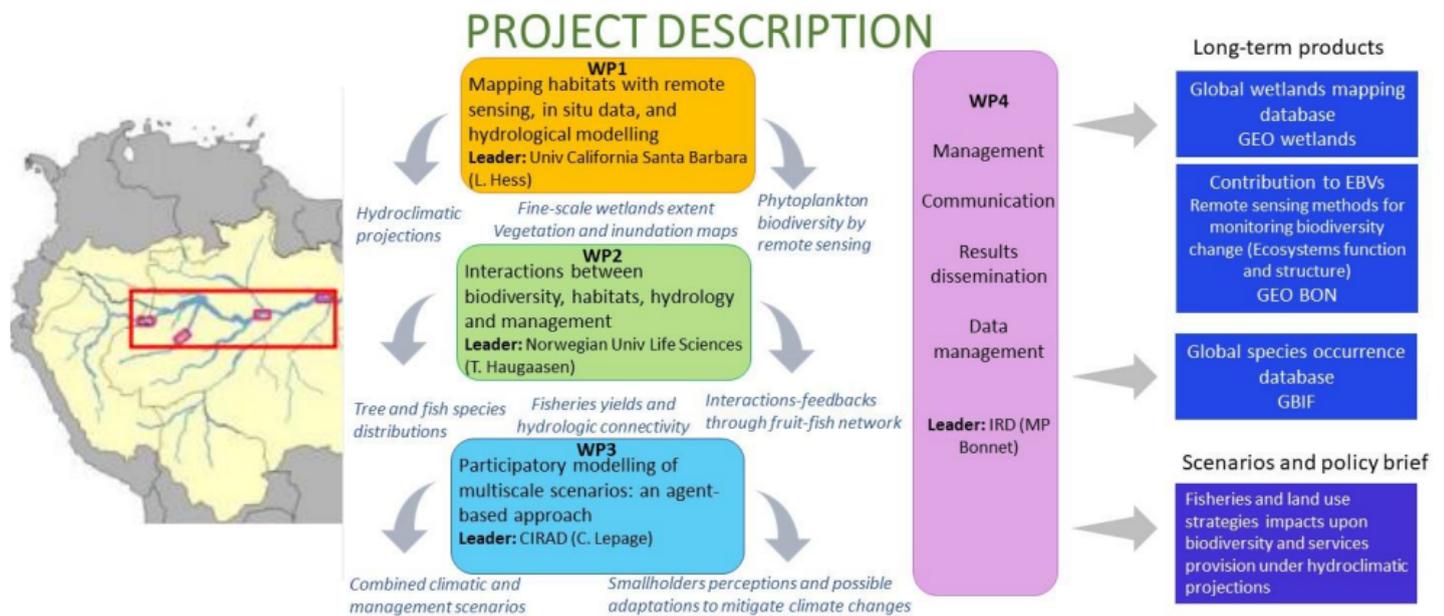


Figure 3 : Modules de recherche et objectifs associés dans le cadre du projet international BONDS

III. Les objectifs du stage

Le stage se constituait de deux missions principales : co-construire un jeu de rôle sur les dynamiques de gestion des ressources piscicoles dans les plaines inondables et aider à la réalisation d'une revue systématique de la littérature sur les jeux en rapport avec les pêcheries.

Je devais reprendre la version du jeu créée par Louise Jaffré, la précédente stagiaire, pour aboutir à un prototype jouable. Une session test devait être organisée au début du mois d'août pour permettre ensuite à une membre de l'équipe qui serait sur le terrain de le faire découvrir à des acteurs locaux. J'étais chargée de la conception manuelle du jeu et Kévin Chapuis s'occupait de la modélisation sur ordinateur. A la fin de mon stage, je devais écrire un livret récapitulatif de l'état du jeu qui servirait de support pour la continuation du projet. La revue systématique étant déjà bien avancée, le but était surtout d'en apprendre plus sur l'extraction de données et l'analyse des articles.

PARTIE 2 : LA REVUE SYSTÉMATIQUE DE LA LITTÉRATURE

Au vu de l'accès difficile au terrain, l'équipe franco-brésilienne impliquée dans le workpackage 3 s'est tournée vers la réalisation d'une revue systématique de la littérature relative à l'utilisation des jeux dans la gestion des ressources piscicoles qui vient compléter le travail sur le jeu de rôle.

Les revues systématiques de la littérature sont un outil d'évaluation et d'interprétation des recherches disponibles et pertinentes pour une question ou un phénomène d'intérêt ou un domaine de recherche. Elles sont très utiles pour toute discipline en cela qu'elles font l'état de l'art d'un sujet donné. Les chercheurs fixent une problématique précise grâce à laquelle ils déterminent des critères d'éligibilité et étudient les articles scientifiques qui valident ces critères. Une des particularités des revues systématiques de la littérature est qu'elles adoptent une procédure reproductible, transparente et scientifique (Mengist et al., 2020) de telle sorte que d'autres chercheurs puissent analyser ces revues, reproduire les méthodes employées et utiliser les résultats apportés pour appuyer de nouveaux travaux ou la mise en place d'une mesure par exemple.

I. Problématique et catégorisation des jeux

Le point de départ de ce travail est l'article "Games as tools to address conservation conflicts" de Redpath et al. (2018). Cet article met en avant le potentiel des jeux à être utilisés pour comprendre les situations de conflits et les comportements des participants. Les jeux peuvent en effet être vus comme des modèles mettant en scène des situations stratégiques où la décision d'un joueur dépendra des actions des autres joueurs. L'article propose ensuite une catégorisation des jeux en trois types de jeux : expérimentaux, théoriques et constructivistes, afin de répondre aux problèmes des conflits de conservation.

- Les jeux théoriques se basent sur une analyse mathématique ou une simulation des joueurs, de leurs comportements, des résultats ou des règles du jeu. Ils sont utiles pour comprendre le conflit et le fonctionnement du système, et considèrent les acteurs comme entièrement rationnels, avec bien souvent un panel d'actions défini. Grâce à cette vision, ils peuvent offrir une bonne comparaison avec le monde réel et ce faisant apporter des solutions originales aux conflits. S'ils permettent en effet d'observer les conclusions logiques et de confronter ses hypothèses à propos du conflit, ils restent des modèles très éloignés de la complexité du conflit et des décisions de ses parties prenantes.
- Les jeux expérimentaux s'ancrent dans des situations aux stratégies contrôlées et étudient le comportement des participants sur le terrain ou non. Ils sont utilisés pour valider des hypothèses sur le comportement des joueurs et pour quantifier des caractéristiques relatives à ces comportements, et peuvent être particulièrement pertinents quand les joueurs sont les parties prenantes du conflits puisque leurs actions sont alors plus vraisemblables dans le contexte du conflit étudié. Ils offrent une bonne alternative à une intervention réelle à l'échelle du conflit.
- Les jeux constructivistes sont utilisés pour ouvrir des espaces de dialogue et promouvoir la discussion entre les participants. Ils s'élaborent le plus souvent dans un processus itératif de co-construction. Ils permettent d'avoir une bonne compréhension d'un conflit et donnent la

possibilité aux participants de proposer leurs solutions. Ceux-ci peuvent manipuler le jeu et penser hors du cadre créé initialement par les chercheurs, en créant de nouvelles options. Ce sont des jeux compliqués à mettre en place, puisque la documentation, l'analyse du jeu et la synthèse de ce dernier sont complexes.

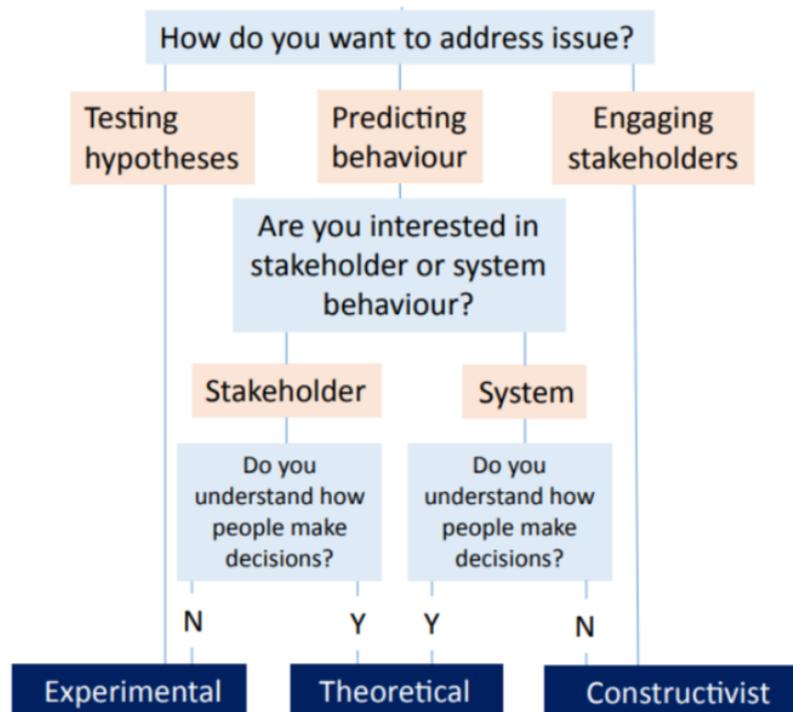


Figure 4 : Schéma récapitulatif des situations d'utilisation des trois catégories de jeux (source : Redpath et al. 2018)

L'équipe s'est intéressée à l'utilisation et au fonctionnement de ce cadre dans un domaine plus spécifique que celui de la conservation. Elle cherche alors à appliquer cette classification aux jeux relatifs au domaine de la pêche et, plus précisément, à étudier la généricité d'un cadre de description des jeux basé sur cette catégorisation.

II. Chronologie : les étapes d'une revue systématique de la littérature

L'équipe a recherché des articles abordant le sujet de la gestion durable des pêcheries et incluant dans leur méthodologie l'utilisation de jeux. Elle s'est donc premièrement penchée sur les moteurs de recherche les plus communs (Science Direct research, Web of science, Google scholar). Les recherches ont été répétées plusieurs fois, pour prendre en compte les nouveaux articles scientifiques parus récemment. Elles se faisaient grâce aux mots clés Game AND Fish* cherchés dans le titre, le résumé ou les mots clés. Les articles trouvés étaient reportés automatiquement dans un tableur pour Science Direct et Web of Science, mais l'équipe n'a pas trouvé de moyen pour obtenir un tableur des articles provenant de Google Scholar et les rentrer à la main ne semblait pas viable. L'étude n'a pas été poursuivie avec cette source. Il fallait ensuite retirer les doublons et l'équipe a pu ajouter des documents provenant de l'expertise des chercheurs eux-mêmes ou de la littérature grise.

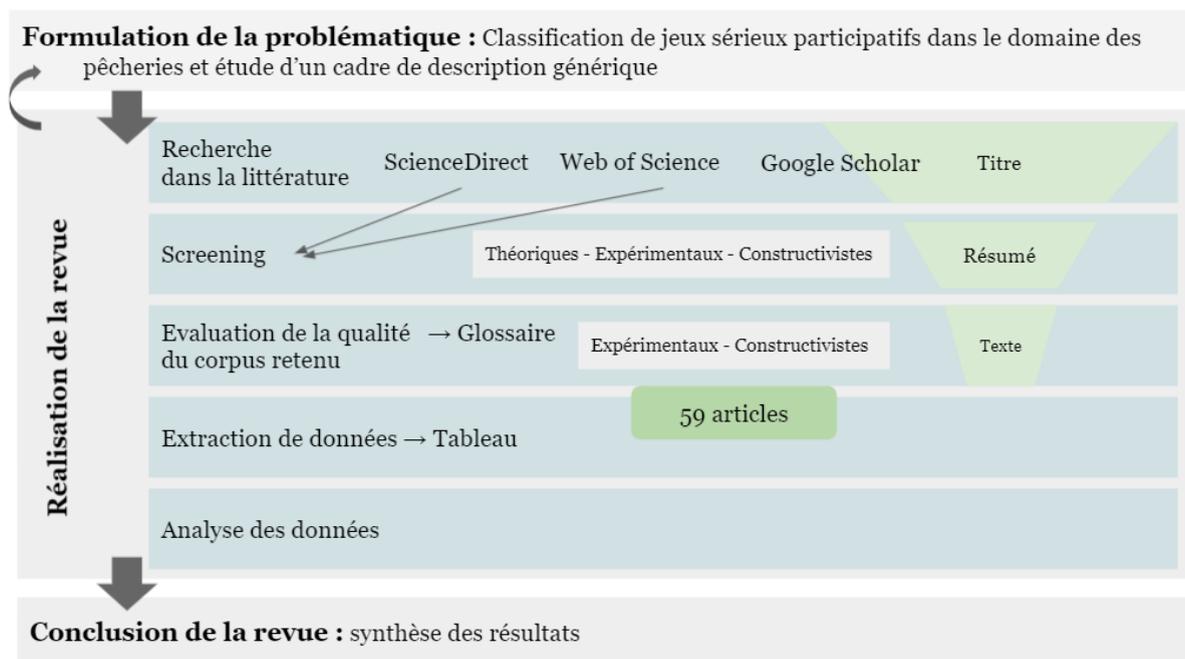


Figure 5 : Etapes de la revue systématique de la littérature

Une fois la première base de recherche définie, l'équipe peut commencer le screening. Celui-ci consiste dans un premier temps à accepter les articles si les aspects méthodologiques du jeu et la thématique des pêcheries sont tous les deux abordés, ou à les refuser si un des deux aspects manque, en regardant le titre, les mots-clés ou parfois les résumés. Les articles gardés étaient classés en trois catégories : T pour "théoriques", E pour "expérimentaux" et C pour "constructiviste". Les proportions des trois catégories ont été établies et la classe "théoriques" a été exclue pour se concentrer sur les jeux participatifs (articles T et E), pour lesquels l'équipe a ajouté d'autres références trouvées par "boule de neige" (cités dans les articles sélectionnés) ou par indication directe d'un membre de l'équipe.

Dans un deuxième temps, l'équipe s'est répartie le corpus et a lu les textes entiers des articles sélectionnés. Pour faciliter la lecture, elle a écrit au préalable un glossaire qui recense les informations intéressantes pour la revue systématique. Celui-ci contient trois catégories :

- Les participants : statut (pêcheurs, étudiants, décideurs politiques etc...), nombre, méthode d'échantillonnage...
- Les sessions de travail : nombre, méthode de collecte de données, présence de débriefing...
- Le jeu : type de modèle, objectifs du jeu, joueurs...

Il s'agissait après cette lecture de présenter l'article à tous les membres de l'équipe lors d'une réunion bimensuelle. On décidait alors de garder l'article ou pas. Cette étape a abouti à un corpus de 59 articles.

L'équipe est actuellement arrivée à l'extraction des données dans un tableau, dans le but de les analyser. Chaque membre de l'équipe extrait les données des articles qui lui ont été attribués parmi les 59 articles retenus. Trois des six membres de l'équipe m'ont fourni un article parmi leurs propres articles lus qui apportait des mécanismes intéressants pour le jeu. Les articles que j'ai analysés permettaient d'aider à la construction du jeu.

III. L'extraction de données : exemples d'articles analysés et problèmes soulevés

J'ai extrait les données des quatre articles étudiés, trois donnés par les membres de l'équipe et un que j'avais présenté lors de l'étape précédente. Deux seront présentés ici. La grille d'extraction s'est grandement basée sur le glossaire. Elle posait un cadre testé comme générique pour analyser les 59 articles retenus.

Le premier article analysé portait sur le jeu *Sustainable Sea* (Parrondo M. et al., 2021). C'est un jeu de plateau à but éducatif qui a été joué avec des lycéens puis des étudiants de bachelor et de master. Il aborde la gestion durable des pêcheries et incite les joueurs à appliquer des politiques durables puisqu'ils gagnent des "points de gestion durable". Ce jeu n'est pas constructiviste, puisque le processus de construction n'est pas partagé ni itératif entre le corps chercheur qui crée le jeu et les étudiants qui y jouent. Le jeu aurait alors une tendance un peu plus prononcée vers la catégorie des jeux expérimentaux mais les hypothèses du comportement des joueurs sont peu voire pas posées. *Sustainable Sea* analyse en effet plus le potentiel d'un jeu comme outil de sensibilisation dans le domaine de l'enseignement que la thématique des pêcheries. Il est alors légèrement difficile à classer dans la catégorie de S.M. Redpath et al. (2018) mais ce problème n'est pourtant pas explicitement représenté dans le tableau d'extraction de données.

Un deuxième article reprenait le travail de chercheurs et de pêcheurs artisanaux au Nicaragua (Casillas C. E. & Ray I., 2018). Ce jeu se classe dans la catégorie des jeux constructivistes puisqu'il est co-construit entre les chercheurs et les pêcheurs et vise en effet à stimuler le dialogue afin de mieux comprendre le comportement des acteurs et, pour les deux types d'acteurs, d'éclaircir la vision de l'économie de pêche de la région. Au contraire du premier, cet article donne peu de détails sur le jeu en lui-même mais se concentre sur la démarche de modélisation participative et ses résultats.

Pour l'instant, le cadre de description des jeux n'est pas encore assez générique puisque certaines informations propres à des catégories de jeux différentes sont difficiles à introduire dans le tableau d'extraction de données. Une solution est de tenter de départager les catégories de jeux selon les objectifs auxquels le jeu répond et d'extraire des informations plus génériques sur les sessions de jeu et les participants, ou de créer deux cadres de description différents : un pour les jeux expérimentaux et un pour les jeux constructivistes. Une question porte en effet sur l'échelle de la généralité que l'on peut atteindre dans le cadre de la classification de Redpath et al. (2018). Finalement, les informations recueillies des articles ont été précieuses par la suite puisqu'elles ont pu servir de banque d'idées pour la construction du jeu *Pesca Viva*.

PARTIE 3 : LE JEU PESCA VIVA

La mission principale de mon travail consistait à co-construire un jeu sur la gestion des ressources halieutiques dans une plaine inondable. Ce jeu représentait une partie importante du projet BONDS et avait été mis en pause depuis environ un an à cause de la situation sanitaire. Cette dernière avait interrompu en mars 2020 le travail de la précédente stagiaire, Louise Jaffré, et entraîné son retour précipité en France. Suite à cela, l'équipe avait malgré tout poursuivi les réflexions sur l'ébauche d'une première version rudimentaire du jeu. Un voyage au Brésil était prévu en janvier 2021 mais a été de même repoussé. Mon stage reprend la version co-créée par Louise, avec pour but d'avoir un prototype qui pourra être présenté sous la forme d'une démonstration aux partenaires brésiliens du projet, notamment la Z20, une association de pêcheurs à Santarém.

I. Planning prévu et adaptations

Le projet BONDS a effectué trois missions de terrain avant la pandémie. En octobre et novembre 2019, l'équipe a rencontré les acteurs clés (la FEAGLE - Fédération des Associations des habitants et communautés de la colonie Agro-extractiviste du Lago Grande, chargée de la gestion du foncier et la Z20 - le syndicat des pêcheurs artisanaux) et introduit les problématiques du projet. Les sessions pour l'élaboration du jeu devaient commencer dès mars 2020 et réunir des pêcheurs du syndicat Z20 et des coordinateurs de la plaine du Lago Grande do Curuai. Un premier calibrage de la version initiale devait être mené en juin 2020 avant d'organiser deux sessions de jeu en octobre 2020. Ce planning prévisionnel n'a pas pu être respecté avec la pandémie et la co-construction du jeu de rôle n'a repris qu'en juin 2021 en France, avec l'objectif de présenter une première version de jeu aux pêcheurs et à la Z20 en août 2021. Neriane allait de plus à Santarém au cours du mois d'août et devait alors récolter des informations auprès d'acteurs locaux. Finalement, une session test du jeu a pu avoir lieu bien plus tard que prévu, le 31 août, et certains membres brésiliens de l'équipe ne sont arrivés à Santarém qu'après la fin de mon stage.

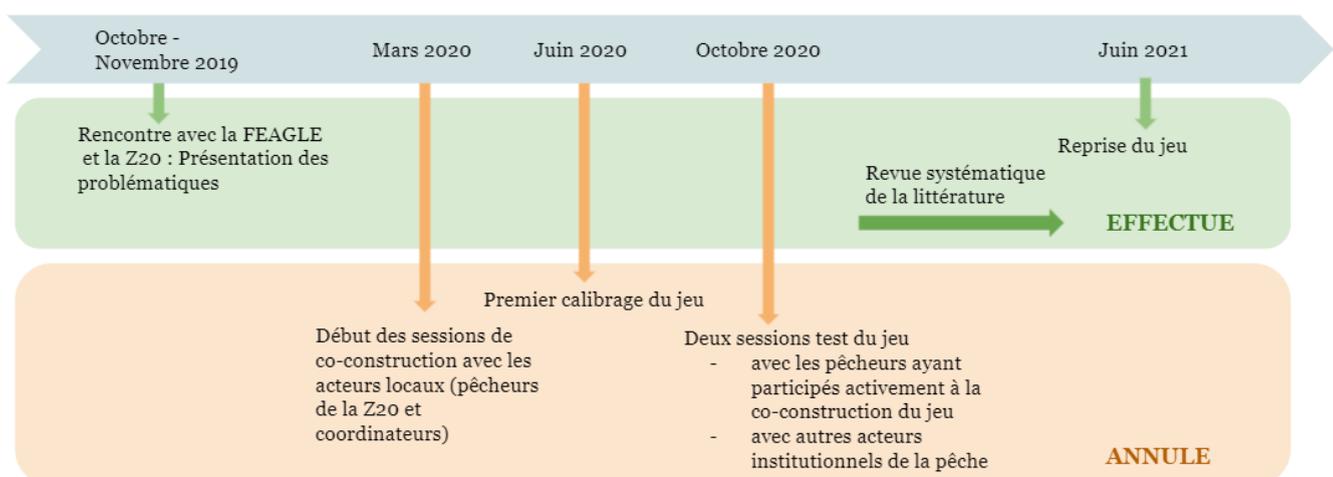


Figure 6 : Calendrier prévisionnel et réel du projet BONDS

II. Le système écologique et social dans la plaine inondable de Lago Grande de Curuai

La plaine inondable de Lago Grande de Curuai se trouve dans l'Etat du Pará, au Brésil, situé au niveau de l'estuaire de l'Amazonie. Elle appartient au *município* (division administrative autonome d'un état) de Santarém, centre administratif et économique.

Les plaines inondables, appelées localement *várzea*, subissent l'influence du fleuve Amazone qui inonde une surface importante chaque année. En effet, l'association du climat équatorial et du régime hydrologique du fleuve se traduit par des saisons très marquées, qui peuvent se compter au nombre de quatre au cours d'une année. Le climat tropical de mousson entraîne de fortes précipitations pendant la moitié de l'année, de décembre à juin, et une saison assez sèche avec peu de précipitations, de juillet à novembre (Bonnet et al. 2008). Le niveau d'eau varie ensuite comme suit : montée des eaux, crue, descente des eaux et étiage, ce qui donne quatre saisons (Doyen, 2016). La crue se situe entre mai et juillet et l'étiage, niveau le plus bas, entre octobre et décembre. Le paysage d'une plaine inondable est donc constamment remodelé par le rythme des crues et décrues et les habitants de ces milieux ont dû s'adapter. On distingue deux grandes zones : la *várzea* qui est inondée chaque année pendant plusieurs mois et accueille certains villages sur pilotis, les activités de pêche et le pâturage lorsque les eaux sont basses, et la *terra firme* qui n'est jamais inondée en dehors des crues exceptionnelles et concentre la plupart des communautés et leurs activités.

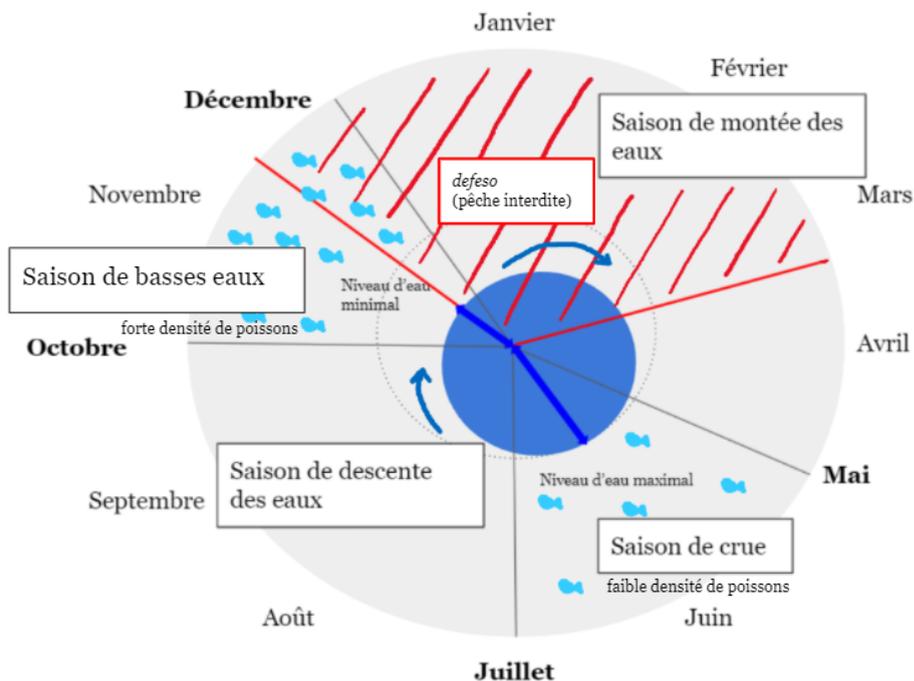


Figure 7 : Calendrier de la pêche

Quatre activités sont majoritaires et peuvent assurer des sources de revenus complémentaires : l'agriculture, l'élevage bovin, la pêche et l'extractivisme (cueillette de ressources naturelles). Elles sont chacune délimitées spatialement. Les productions végétales sont situées sur la *terra firme*. L'extractivisme se pratique dans les forêts où on cueille les

fruits et les plantes médicinales et où on chasse de petits animaux, mais cette activité est principalement effectuée pour l'autosuffisance de la famille (Haentjens, 2014). La pêche se pratique dans la várzea et l'élevage des bovins est transhumant : ils passent la saison sèche dans les prairies de la várzea et retournent dans les terres lors de la montée des eaux.

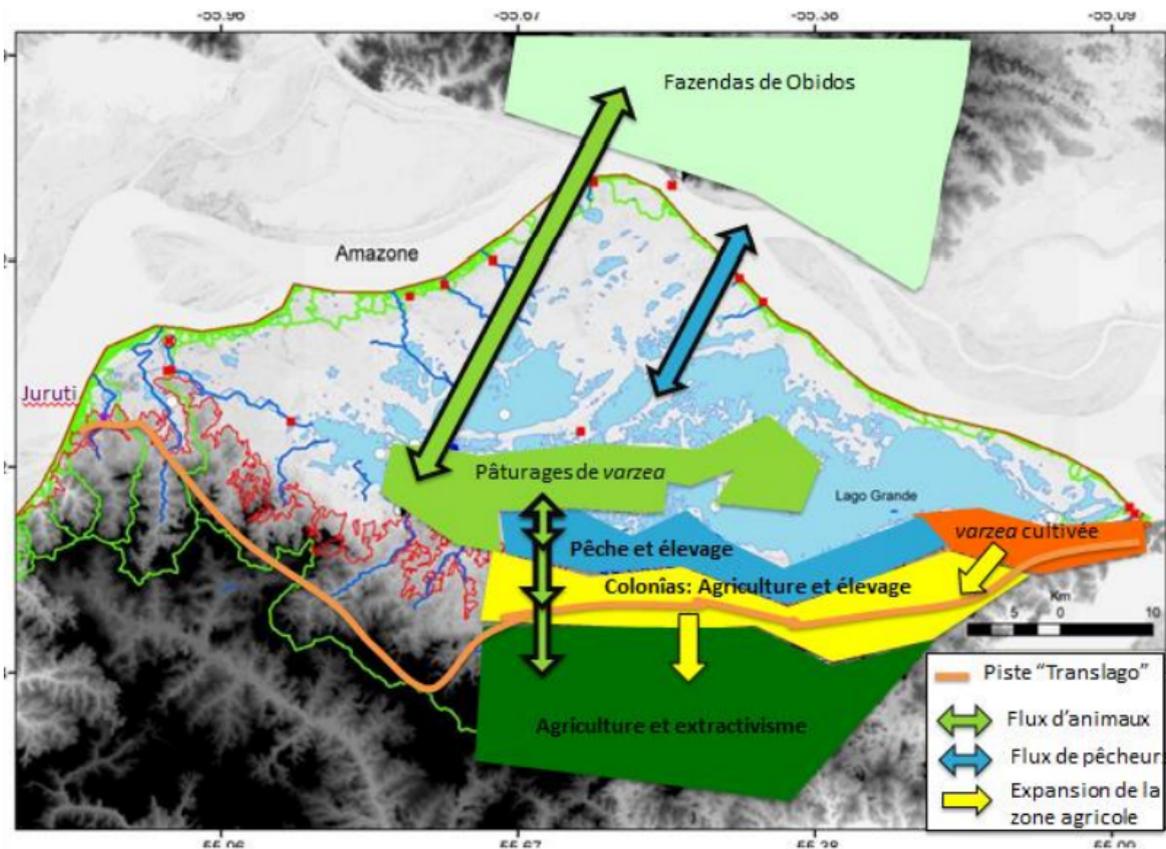


Figure 8 : Spatialisation des activités de la plaine inondable (rapport de mission de l'équipe paysage du projet Clim-FABIAM conduit par A-E Laques, 2013)

A. La pêche

La pêche est devenue une activité économique importante pour les familles de la région mais reste une activité de subsistance. De son côté, la pêche commerciale est pratiquée par des pêcheurs artisanaux et des pêcheurs industriels. Ces trois catégories s'approvisionnent de la même ressource mais ont des modes d'utilisation différents ce qui engendre de nombreux conflits.

Les pêcheurs artisanaux se placent dans les lacs ou les canaux pendant une journée à plusieurs semaines. Ils commercialisent ensuite directement dans les marchés locaux et via des intermédiaires de vente dans les marchés urbains. Certains pêcheurs font affaire avec des pêcheurs industriels. Ceux-ci pêchent des quantités de poissons très importantes et dégradent l'environnement en raclant les fonds des étendues d'eau, la coopération d'habitants de la várzea avec ces pêcheurs industriels peut donc engendrer des tensions au sein des communautés (Roussel, 2015). Les techniques de pêche sont très variées : les habitants possèdent des canoës, des canoës à moteur ou de petites embarcations, et peuvent utiliser des pratiques de pêche actives comme des filets circulaires, des lignes à main ou encore des harpons (principalement utilisés pour attraper le pirarucu), ou des techniques

passives comme des filets transversaux faits pour attraper des espèces migratrices. Elles dépendent des espèces pêchées et de la zone de pêche.

Les pêcheurs industriels sont appelés *geleiros*. Ces derniers utilisent des *geleiras*, qui sont de grandes embarcations réfrigérées dotées d'une grande capacité de stockage, et des filets à mailles fines raclant le fond des zones de pêche. Ils se concentrent sur un petit nombre d'espèces : ils pêchent les poissons migrateurs dans l'Amazone hors de la saison de crue, comme la daurade ou le piramutaba, et profitent du haut niveau d'eau en saison de crue pour entrer dans les plaines inondables et cibler les poissons sédentaires, comme le mapará ou le fura-calça, qui restent dans les lacs profonds.

Les pressions sur ces milieux naturels se font de plus en plus fortes et impactent les populations de poissons (Roussel, 2015). Le changement climatique entraîne des événements extrêmes plus fréquents comme des crues plus intenses que la normale qui empêchent l'utilisation des prairies de la *várzea* et rendent la pêche plus difficile, mais aussi les pressions anthropiques dans la plaine inondable. L'augmentation des populations locales, l'élevage et l'agriculture qui dégradent les pâturages et entraînent la déforestation de parcelles en conséquence, et la surexploitation de certaines espèces sont autant de facteurs rendant la pêche plus aléatoire et donc incertaine.

B. Organisation sociale des communautés

La ressource piscicole appartient à l'Etat et sa gestion est assurée par l'IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - L'institut Brésilien de l'environnement et des ressources naturelles renouvelables). Les poissons étant considérés comme une ressource gouvernementale, tous les pêcheurs peuvent accéder aux zones de pêche et il est difficile d'en interdire l'accès. Dans la plaine, les communautés se réunissent afin d'organiser une gestion collective de la ressource. Des associations communautaires se sont alors formées pour faire face aux conflits croissants et à l'amenuisement des stocks de poissons quand les régulations gouvernementales sont jugées insuffisantes (Jaffré, 2020).

Les pêcheurs peuvent aussi rejoindre la « Colônia dos pescadores », un syndicat des pêcheurs artisanaux appelé la Z20 qui encourage une gestion communautaire. Les noyaux des plaines inondables s'organisent eux-même en plusieurs sous-régions de pêche, disposant chacune d'un coordinateur dans ce syndicat. Les pêcheurs adhérant à la Z20 doivent payer une cotisation et peuvent recevoir des indemnités lors de la période de *defeso*, ou des congés maladies... Ils se plient en échange à un quota de pêche, fixé par la Z20.

Des conseils régionaux sont organisés dans la région, avec les associations communautaires, la Z20 et la FEAGLE afin de proposer de nouvelles réglementations visant une gestion plus durable de la ressource et des solutions aux conflits. Ceux-ci persistent malgré les réglementations déjà mises en place par des institutions gouvernementales comme l'IBAMA et appellent à plus de communication entre les parties prenantes.

C. Réglementation et conflits autour de la ressource piscicole

Afin de réguler la pêche intensive dans les plaines inondables, l'IBAMA a mis en place des mesures sur la taille des poissons pouvant être pêchés et les équipements utilisables (taille et quantité notamment) (Hora, 2020). Une période de *defeso* a aussi été instaurée, pendant

laquelle il est interdit de pêcher certaines espèces de poissons dans le but de les commercialiser. Les habitants de la plaine inondable ont le droit de pêcher pour la subsistance alimentaire de leur famille. Le *defeso* dure du 15 novembre au 15 mars et concerne 11 espèces. Les communautés de la plaine inondable tentent aussi d'imposer des réglementations sur les capacités de stockage maximales, les zones de pêche (où la commercialisation peut être interdite ou limitée à certaines espèces) ou la période de commercialisation. Plus de 200 accords locaux portant sur la pêche existent dans la région de Santarém (Jaffré, 2019) et sont complétés par des accords informels au sein des communautés.

Ces accords de pêche sont nombreux et leur application représente un défi dans la région de Santarém. L'IBAMA a proposé en 2001 un cadre de surveillance pour le respect de ces réglementations avec la mise en place d'Agents Environnementaux Volontaires. Des habitants de la plaine ont été formés afin d'être éducateur environnemental et facilitateur entre communautés et organisations gouvernementales. Malheureusement, ce mode d'organisation n'a pas été aussi efficace que prévu, car les Agents Environnementaux sont bénévoles et consacrent alors de leur temps à une activité non rémunératrice mais aussi car les infractions dénoncées n'ont pas toujours été relevées par l'IBAMA.

III. Buts du jeu

Le jeu est un outil co-construit, qui sert à engager le dialogue entre acteurs concernant la durabilité de la pêche dans le Lago Grande de Curuai et les adaptations possibles du mode de fonctionnement actuel pour faire face aux éléments qui la menacent. Les acteurs y participant ont des attentes différentes et par conséquent, des objectifs différents. On présente ici les buts des chercheurs et ceux des joueurs.

Pour les chercheurs, il s'agit de représenter les pratiques de pêche dans un contexte de pression sur les ressources piscicoles dans la plaine inondable du Lago Grande de Curuai. Un enjeu majeur est donc d'intégrer tous les éléments indispensables à une bonne représentation, pour que les acteurs locaux l'identifient à leur réalité. Le jeu vise notamment à mieux comprendre ces pratiques locales et les interactions entre accords de pêche locaux et réglementation. Pour cela, les phases de discussions entre les joueurs pendant le jeu et entre les joueurs et l'équipe d'animation après le jeu sont primordiales. Finalement, les chercheurs s'attachent aussi à évaluer l'évolution des ressources piscicoles avec les changements de pratiques et les changements environnementaux, notamment en en discutant avec les joueurs.

Pour les joueurs, les objectifs sont accomplis en jouant au jeu, lors des phases de discussions après chaque session de jeu et en le co-construisant. Les acteurs locaux, qui sont les joueurs, ont pour but de faire émerger des stratégies d'adaptation face à la diminution du stock de poissons et à la surexploitation. Ils lient de plus la préservation de leur milieu (qualité de l'eau, état des forêts etc) et l'état de la ressource en poissons. Jouer à une représentation simplifiée de leur réalité, où ils incarnent leur propre rôle, est aussi une façon d'avoir une vision plus globale de leurs actions sur le long terme et des conséquences de celles-ci, qui s'ancrent dans différents scénarios climatiques mis en place dans le jeu.

L'équipe s'est adaptée à l'impossibilité d'aller au Lago Grande de Curuai et a conçu un prototype du jeu sérieux attendu grâce à la littérature et aux connaissances du terrain des

membres de l'équipe. Les réunions se faisaient à distance toutes les deux semaines et l'équipe a premièrement cherché à structurer les informations en étudiant les principales entités relatives aux dynamiques de la plaine inondable et leurs caractéristiques. Il en a résulté une première version du jeu qui privilégie la simplicité avec un minimum de règles et d'entités, dans l'objectif de susciter l'attention des acteurs de la plaine inondable lors d'une session test sur le terrain. Il fallait que ces derniers aient la possibilité de suggérer des modifications et/ou de rajouter facilement des dynamiques qui n'étaient pas intégrées et ainsi être impliqués dans le processus de co-construction du jeu. La mise au point de cette version du jeu destinée à être présentée aux acteurs du terrain d'étude a orienté mon travail au début du stage.

IV. La version première co-construite par Louise Jaffré

Les joueurs sont des pêcheurs de la plaine inondable dont le but est d'assurer la subsistance alimentaire de leur famille et de gérer durablement le stock de poissons présents dans la plaine. Ils choisissent une zone de pêche à chaque tour et reçoivent leur pêche à la fin de celui-ci. Le jeu se termine après deux années de jeu, soit 8 tours, et on étudie l'état de la population de poissons dans la plaine inondable et les possibles bénéfices des joueurs. Les joueurs et l'équipe de chercheurs discutent ensuite de la session de jeu.

A. Le plateau et les zones de pêche

Le jeu développé est un jeu de plateau et possède des règles simples. On compte quatre plateaux. Ils correspondent aux quatre temps hydrologiques de la plaine inondable : une saison où les eaux sont basses, une saison durant laquelle les eaux montent, une saison de crue et une saison durant laquelle les eaux descendent. Le plateau pour les eaux montantes et descendantes est le même, il est appelé plateau (saison) intermédiaire. On représente un milieu de plaine inondable simplifié qui intègre les principaux éléments propres à cet environnement. On retrouve ainsi une rivière en haut du plateau, quatre lacs reliés en réseau par des canaux, des zones de *baixão* (zones de faible profondeur à l'embouchure d'un canal où le poisson est plus abondant) et des *igarapés* (ruisseaux reliant les lacs à la *terra firme*), puis des zones de forêt basse et haute, une zone de prairie, trois communautés et la *terra firme*, la terre qui n'est jamais inondée.

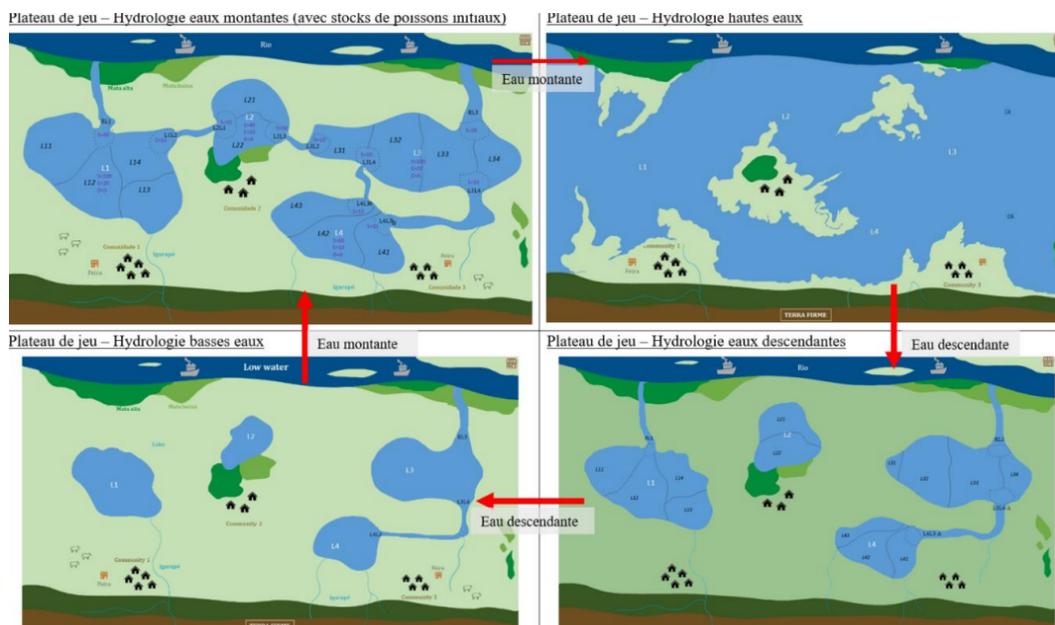


Figure 9 : Plateaux de jeu (mémoire de fin d'études de Louise Jaffré, 2020)

Grâce à des entretiens de terrain, un coordinateur de la Z20 a signalé des zones n'apparaissant pas dans la littérature scientifique appelées *baixão*. Ce sont des zones moins profondes à l'embouchure des canaux où le poisson est plus abondant. Elles sont nécessaires à prendre en compte étant donné que c'est une particularité des pratiques locales. Les zones de forêts sont une composante importante pour la reproduction des poissons. Malgré la distinction des basses et des hautes forêts faite à l'écrit, cette version du jeu n'intègre pas de différences entre les deux types de forêts, ni de lien entre la forêt et la reproduction, ce dernier devant être inclus dans une prochaine version. La prairie a été intégrée au jeu pour laisser la liberté d'ajouter les activités d'élevage postérieurement.

Les lacs ont été divisés en plusieurs zones où les joueurs pouvaient aller pêcher et le stock ainsi que le taux de reproduction ont été calibrés en prenant en compte 12 joueurs pour deux années de jeu. Les lacs reliés à la rivière sont plus riches en poissons et les *baixão* présentent aussi un stock plus grand que dans les autres zones d'un lac. On compte 23 zones de pêche. Les *baixão* représentent une unité de surface et chaque zone de pêche est divisée en cinq unités de surface.

B. Actions des pêcheurs

Les joueurs sont tous des pêcheurs artisanaux répartis dans les trois communautés, disposant chacune d'un espace de vente, *feira*. Ils étaient important de se centrer sur les actions des joueurs pour cette version et ce sont donc les seuls acteurs représentés. La pêche commerciale et les acteurs institutionnels (IBAMA, Z20...) seront inclus dans une version ultérieure. A chaque tour de jeu, il est prévu que les pêcheurs aient plusieurs choix à faire :

- le lieu de pêche.
- l'équipement de pêche. Les joueurs ont tous le même pour cette version.
- l'embarcation utilisée. Elle est choisie en début de partie parmi trois embarcations proposées.
- la commercialisation.

Le matériel de pêche étant une composante importante du quotidien des pêcheurs, il est apparu que plusieurs équipements devaient être inclus. Le matériel est en effet spécifique aux espèces pêchées et reste un point de conflit dans la gestion des pêcheries, puisqu'il est relié à des problèmes de dégradation de l'environnement et du stock de poissons.

Le choix de la zone de pêche est valable pour une durée de trois mois. En effet, une année de jeu se divise en quatre temps suivant le cycle hydrologique annuel d'une plaine inondable : les eaux sont basses (étiage), puis elles montent, elles sont ensuite à leur hauteur maximale (crue) et redescendent. Diviser l'année équitablement en quatre périodes de trois mois est une simplification par rapport aux durées réelles des temps hydrologiques (voir Figure 7). Un pas de temps de trois mois, représentant une saison, a donc été choisi. Chaque saison est associée à un plateau. D'une saison à l'autre, les lacs sont connectés entre eux et à la rivière ou non. Le quotidien des pêcheurs est profondément intriqué aux dynamiques hydrologiques, il était donc indispensable de les représenter.

Lors d'une saison, les pêcheurs peuvent choisir une seule zone de pêche mais plusieurs embarcations peuvent se trouver sur la même zone. Ils paient le coût du trajet jusqu'au lieu de pêche, celui-ci dépend de la distance entre la communauté et le lieu de pêche et est égal au nombre de zones traversées. Le déplacement maximal dépend du type d'embarcation.

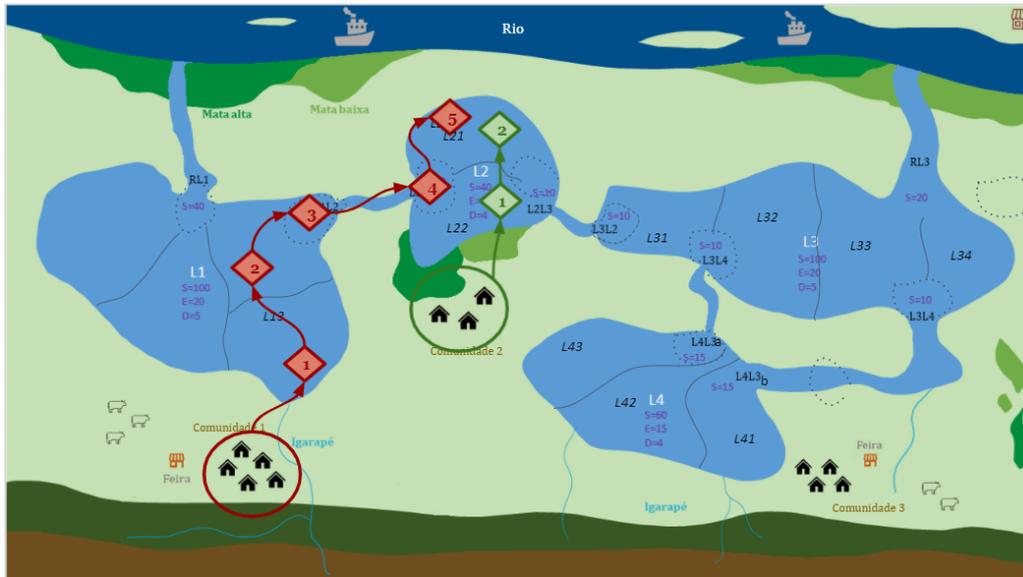


Figure 10 : Plateaux de jeu avec les coûts de déplacement

C. Dynamique de la ressource en poissons

La ressource est représentée par un stock homogène, d'une unique espèce de poisson indéterminée et non migratrice. Les dynamiques des populations de poissons du jeu ne sont pas liées à leur environnement contrairement aux dynamiques réelles, qui dépendent de la qualité du milieu, de la profondeur et de la taille du lac et de la connectivité avec la rivière et les lacs voisins. Cette notion doit être prise en compte dans la version finale du jeu, puisqu'elle est primordiale pour modéliser la préservation de la ressource piscicole et des milieux.

Le jeu se déroule dans un contexte de surexploitation des ressources pour s'approcher au plus du contexte réel dans les plaines inondables d'Amazonie et ainsi inciter à faire émerger des stratégies d'adaptation rapidement. Ainsi, le stock initial correspond au dixième de la capacité maximale de stock de la plaine inondable et les lacs liés à la rivière ont un stock plus important que ceux non liés à la rivière. Les différences d'abondance entre les *baixão* et les autres zones de pêche du lac font l'objet de deux règles : (1) le *baixão* des lacs reliés à la rivière a une capacité maximale de 10 (2) pour les lacs non reliés à la rivière, la moitié du stock total du lac se partage équitablement entre les *baixão* et le reste du stock est partagé entre les autres zones du lac.

Le stock de poissons disponibles pour la pêche est la moitié du stock total de la zone de pêche, divisé par le nombre d'embarcation sur la zone. Pour chaque joueur, la capacité maximale pouvant être pêchée est limitée par la capacité maximale de stockage de l'embarcation. Elle est de 10 dans cette version mais pourra dépendre ensuite du type d'embarcation.

Finalement, l'équipe a introduit un taux de renouvellement pour faire varier le stock de poissons. Celui-ci dépend de la densité de poissons déjà présents dans la zone de pêche. Si

celle-ci est comprise entre 10 et 40, le taux de renouvellement est “normal” et vaut +10%. Si la densité est trop faible (en dessous de 10) ou atteint la capacité maximale de la zone (entre 40 et 50), le taux de renouvellement est affecté et vaut +5%. La migration et l’impact des couvertures végétales et des activités anthropiques (hors pêche) ne sont pas prises en compte pour le calcul du stock ou du taux de renouvellement.

V. Les éléments repris au cours de mon stage qui ont abouti à une version testée fin août

Ma mission consistait à faire avancer le jeu et produire une première version en discutant avec l’équipe du projet. Une réunion au CIRAD ou à l’IRD était organisée chaque semaine entre membres français et une réunion bimensuelle avait lieu avec les membres brésiliens aussi. La première tâche a donc été de reprendre la version co-construite par Louise Jaffré. Suite à cela, plusieurs points ont été soulevés. Le but était de simplifier encore le plateau de jeu au maximum avant de commencer à retravailler les entités sociales et biologiques qui constitueraient les dynamiques. Le calcul du stock de poissons et de la pêche a aussi été central.

A. Plateaux

Le plateau ne faisait pas l’unanimité et nous nous sommes mis d’accord pour reprendre deux éléments principaux. Le nombre de zones et d’unités de pêche était trop important, ce qui comptait était de garder une différenciation entre les zones. Le nombre de saisons retenu devait être d’au moins deux pour garder le principe d’une plaine inondable. Finalement, il a été décidé de garder les quatre déjà définies correspondant aux quatre temps hydrologiques de la plaine. Il y aura a priori quatre plateaux et les saisons intermédiaires de montée et de descente des eaux ne seront pas confondues, étant donné qu’elles ne subissent pas exactement les mêmes phénomènes.

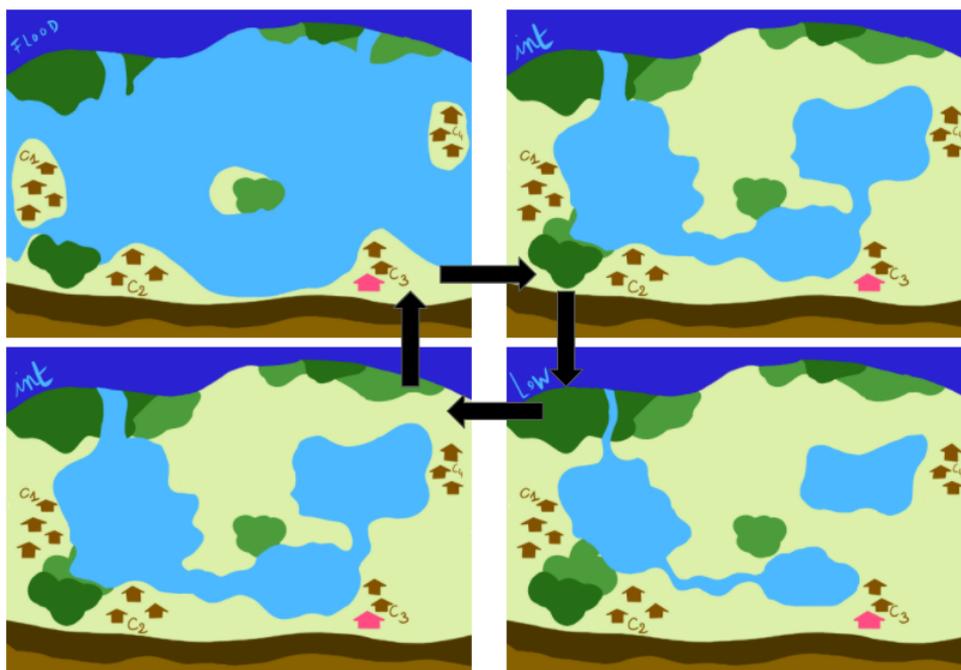


Figure 11 : Nouveaux plateaux de jeu

Le nombre de lacs et de communautés a été fixé à 3 lacs et 4 communautés regroupant les joueurs, et 5 ou 6 zones de pêche, selon la saison. Quatre lacs paraissaient en effet être un nombre trop important et il est nécessaire de diminuer le nombre de zones de pêche, dans un compromis entre la complexité du calcul et l'intérêt de garder assez de zones.

Les joueurs auront des frais de déplacement à payer à chaque fois qu'ils iront pêcher. On paie 1 unité d'argent pour pêcher dans une zone adjacente à sa communauté et à chaque passage de zone, on paie une unité de plus.

B. Cartes profils

Les joueurs piochent en début de jeu une carte profil qui leur donnent plusieurs informations sur le personnage qu'ils jouent : le nombre d'enfants (une unité d'argent est nécessaire pour subvenir aux besoins de base de chaque enfant), l'équipement de pêche qu'ils possèdent, la possibilité d'interagir avec les geleiros et le nombre d'argent qu'ils ont au départ.



Figure 12 : Exemples de cartes profils des joueurs

C. Geleiros

Les geleiros représentant une entité sociale essentielle, ils ne peuvent pas être laissés de côté. Il y avait plusieurs possibilités pour les intégrer dans le jeu, notamment les faire jouer par un joueur ou par un membre de l'équipe d'animation ou les inclure sous la forme d'une carte événement. Finalement, on a décidé de faire jouer le rôle d'un geleiro à un membre de l'équipe d'animation, qui pêche pendant la saison des crues des quantités plus importantes que les pêcheurs des communautés, et de donner la possibilité à un joueur au hasard de collaborer avec lui et d'en parler autour de lui. Cette possibilité est inscrite sur la carte profil du joueur. Ces collaborateurs des geleiros peuvent choisir ou non de les aider et peuvent en parler à un autre pêcheur au maximum. Il y aurait a priori un geleiro pour deux collaborateurs. Les collaborateurs pêchent pour les geleiros qui les fournissent en matériel/argent durant les saisons où ceux-ci ne peuvent pas accéder à la plaine. La façon dont le pêcheur et le geleiro procède à l'échange n'a pas été totalement définie, puisque cette information doit rester secrète pour les autres pêcheurs et qu'une communication directe n'est donc pas adaptée. Nous avons émis l'idée d'utiliser un signal secret ou Whatsapp (un réseau social très prisé au Brésil) pour communiquer.

D. Chronologie d'une partie de jeu

Le jeu doit permettre de suivre l'évolution des ressources et pour ce faire, de couvrir une période de plusieurs années, au minimum 5 ou 6 ans. Il fallait faire attention à ce que cela ne se traduise pas par un temps de jeu trop long, pour ne perdre ni l'attention des joueurs ni le côté ludique. Le pas de temps minimal était déjà estimé à 3 mois et correspondait à une saison. Nous avons choisi d'alterner entre une année jouée (c'est-à-dire 4 saisons complètes) et une ellipse temporelle couvrant 2 ans, trois fois.

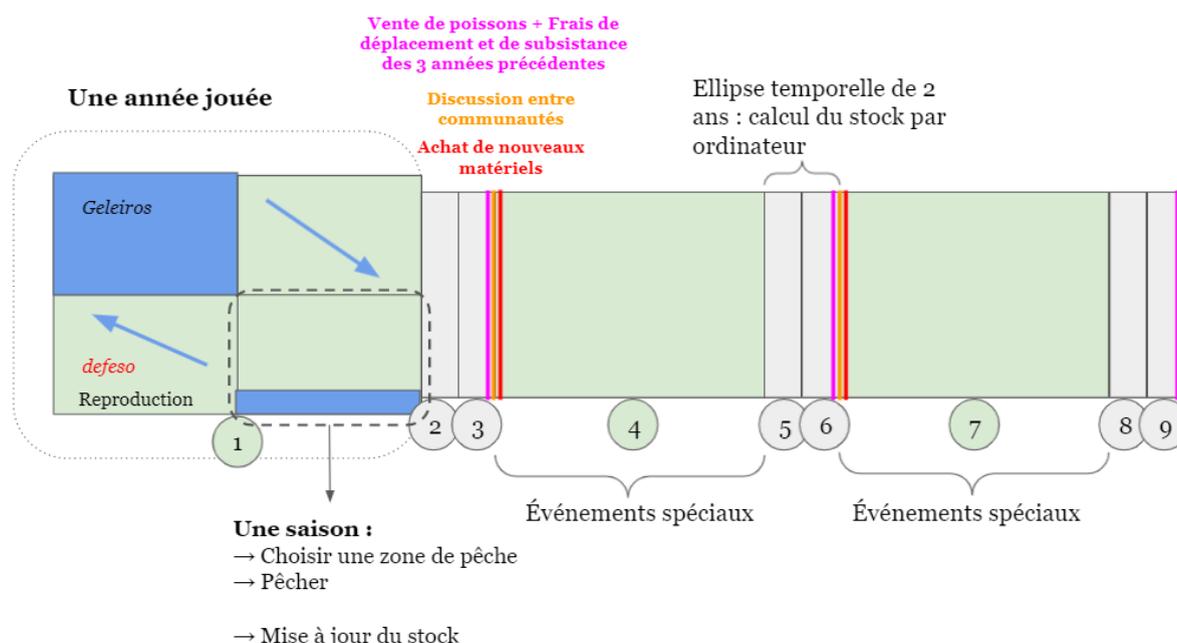


Figure 13 : Chronologie d'une partie de jeu

Lors d'une session, les pêcheurs choisiront alors où pêcher à chaque saison jouée et ce choix sera conservé pour les saisons sautées lors de l'ellipse, pour lesquelles nous calculerons le stock et son évolution en fonction des décisions des joueurs lors de la précédente année jouée. Ils recevront alors leur pêche, devront payer les frais de déplacement et de subsistance et ils pourront changer de zone de pêche lors de la prochaine année jouée. Le jeu couvrira alors 9 ans. La première année sera jouée sans événement exceptionnel pour être sûr que les joueurs comprennent bien le jeu. A partir de la deuxième année jouée, des cartes événements ou des scénarios entreront en jeu.

E. Événements spéciaux

Le jeu sera rythmé par des événements spéciaux. Ils seront introduits dès la deuxième année jouée soit sous la forme de cartes soit sous la forme d'un scénario à thème sur une année (une crue extrême, des conflits entre pêche et élevage...). Le facilitateur pourra par exemple choisir quatre cartes lors d'une année jouée et animer un événement à chaque saison. Il peut donc créer une histoire différente à chaque partie de jeu. Certains événements sont dépendants de la saison, d'autres non. L'ensemble de la plaine inondable, seulement certaines communautés ou seulement certains joueurs peuvent subir l'événement, selon les indications sur la carte. Les événements pourraient être pensés pour 3 années (l'année jouée et les deux années d'ellipse temporelle) ou être uniquement joué pendant une saison.

F. Communication entre les joueurs

Les phases de discussions sont aussi primordiales dans le jeu et doivent donc être intégrées soigneusement. Nous avons décidé de rassembler les joueurs de la même communauté pour qu'ils puissent parler durant toute la session de jeu entre eux. Des phases de discussions entre toutes les communautés seront proposées tous les trois ans mais les joueurs de communautés différentes ne communiqueront pas en dehors de celles-ci. Chaque communauté devra établir collectivement la décision de prendre part ou non à cette phase de discussion à l'échelle de l'ensemble de la zone représentée. Cette possibilité sera offerte à la fin de l'année 3 et à la fin de l'année 6. La fin de l'année 9 marque la fin du jeu et le passage au débrief avec les participants. Chaque réunion précède le moment où les joueurs peuvent aller à la boutique acheter de nouveaux équipements.

G. Calcul du stock

Le point central des réflexions sur le jeu a été de savoir comment calculer le stock de poissons dans la plaine inondable. Le nombre de stocks distincts, l'étendue spatiale des lacs et canaux, la densité des zones, le nombre d'espèces et le calcul de la pêche ont été discutés. Il a premièrement été décidé qu'il y aurait deux espèces de poissons. En effet, une espèce n'est pas suffisamment représentative de la réalité des pêcheurs des plaines inondables d'Amazonie qui pêchent plusieurs espèces de poissons, migrateurs ou non. Les deux espèces choisies sont des espèces fictives qui ont des caractéristiques complémentaires (voir Figure 15).

	Poisson à écailles	Poissons lisses
Préférence d'habitat	Lacs	Canaux
Déplacement	Sédentaires	Migrateurs
Cycle de vie	Long → Simulé par un taux de reproduction bas	Court → Simulé par un taux de reproduction élevé
Exemples d'espèces	Dourada, filhote, piramutaba, mapará...	Pirarucu, tambaqui, tucunaré...

Figure 14 : Tableau comparatif des deux espèces fictives de poissons

Il fallait ensuite représenter la dynamique de chaque espèce. On a finalement choisi d'avoir deux stocks (un pour chaque espèce) et de répartir les stocks dans les zones grâce à des coefficients de répartition. A chaque saison, le stock total de la plaine après la pêche précédente est multiplié par le coefficient correspondant à chaque zone : les poissons sont donc brassés, ce qui fait que les actions d'un pêcheur dans une zone auront un impact sur la plaine entière. Les coefficients sont choisis pour rendre compte de l'abondance des poissons et de leur mouvement dans le cas des poissons migrateurs. Les poissons à écailles sont ainsi plus abondants dans les lacs que dans les canaux et inversement pour les poissons lisses. De plus, les poissons lisses étant migrateurs, ils ne sont pas très présents pendant la saison des basses eaux, durant laquelle ils ont migré dans la rivière. Ce point est particulièrement délicat à représenter sans un échange avec les acteurs locaux permettant de vérifier s'ils

considèrent acceptable cette façon de simplifier la réalité. Dans le but de récolter plus d'informations, Neriane doit rencontrer les acteurs locaux en août lorsqu'elle sera à Santarém. J'ai rédigé un document qui précise quels sujets approfondir pour guider ses discussions sur le terrain.

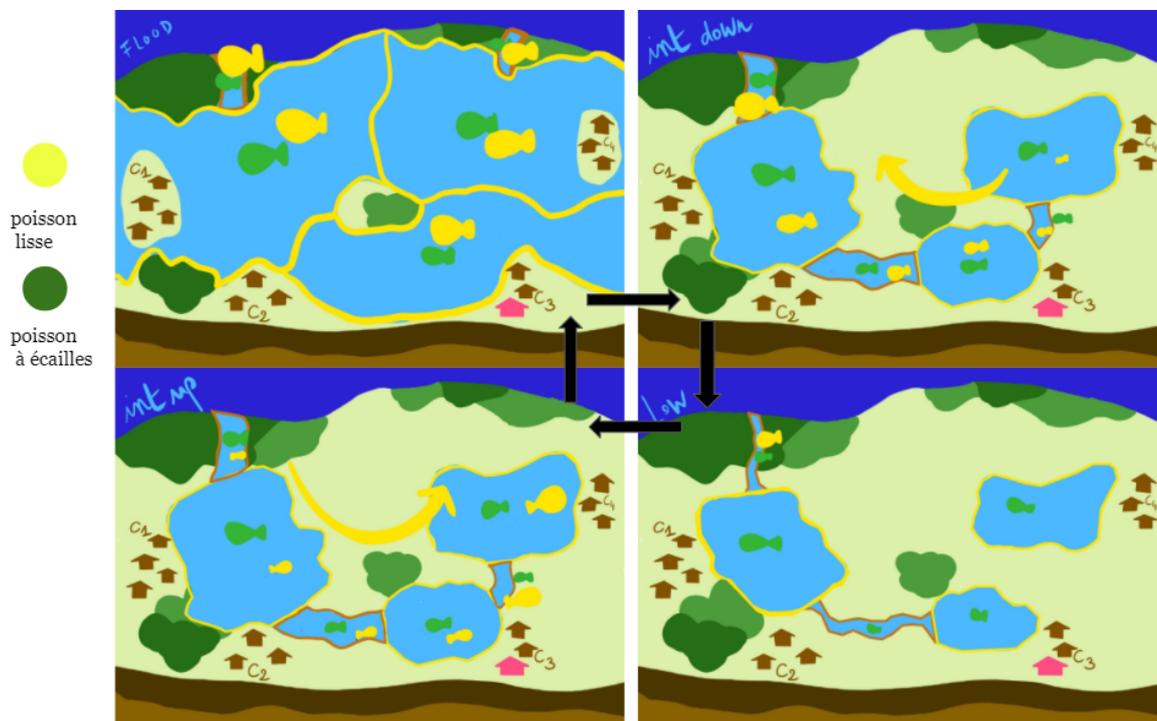


Figure 15 : Plateaux montrant la répartition des deux espèces de poissons selon la saison (la taille du poisson est proportionnelle à son abondance)

Des coefficients d'étendue spatiale ont aussi été créés pour calculer la densité. Ils représentent la surface en eau d'une zone par rapport à la surface maximale en eau (100%). La densité intervient en effet dans la pêche puisque les pêcheurs ont plus de mal à pêcher en saison des crues, c'est-à-dire lorsque la densité en poissons est minimale.

coeff density	C1	L1	C2	L2	C3	L3	C4	
FLOOD	10	30	0	20	0	30	10	100
INT DOWN	5	15	5	10	5	10	0	50
LOW WATER	3	5	3	5	0	5	0	21
INT UP	5	15	5	10	5	10	0	50

Figure 16 : Tableaux des coefficients d'étendue spatiale

Pour simplifier la reproduction, il a été décidé que celle-ci était linéaire et chaque espèce a donc un coefficient de reproduction. Elle a pour l'instant lieu en période de montée des eaux (point à discuter avec les acteurs locaux) et les nouveaux-nés sont rajoutés au fur et à mesure des saisons, pour éviter un pic soudain dans la population des poissons, ce qui fausse aussi la pêche suivante.

H. Matériels de pêche

Les joueurs ont le choix entre 4 matériels de pêche, deux par espèce, avec un équipement basique qui racle les fonds, attrape les jeunes poissons mais pêche potentiellement plus et un équipement plus respectueux, qui ne pêche pas les jeunes poissons mais en attrape une plus petite quantité. Ils débutent le jeu avec le matériel indiqué sur leur profil de joueur mais peuvent ensuite en acheter d'autres à la boutique. On peut proposer que chaque utilisation du matériel basique dégrade la zone. Pour visualiser ce fait, on ajoute des points de dégradation de la zone (par exemple, 1 point après 5 utilisations) qui impactent ensuite le stock, via une diminution du coefficient de reproduction.

I. Mécanisme de pêche

Dans le but de rendre le jeu plus ludique, nous avons pensé à inclure un mécanisme physique qui permettrait aux joueurs d'effectuer l'action de pêche simulée eux-mêmes. Ce mécanisme devait permettre une mise à jour pas trop fastidieuse du stock de poissons. Idéalement, il autorisait une pêche légèrement aléatoire entre plusieurs pêcheurs dans la même zone. Le choix s'est finalement porté sur un sac rempli de billes de plusieurs couleurs et de deux tailles différentes. Le principe est d'ajouter de plus en plus de billes dites "neutres" à côté des billes colorées représentant les deux espèces au fur et à mesure que la difficulté de pêcher augmente et de piocher avec une tasse dans le sac. Les billes colorées piochées sont la pêche du joueur. Il est de plus en plus dur de pêcher lorsque la densité augmente, lorsque le stock diminue et lorsque le nombre de bateaux sur la zone augmente. Les billes étaient de deux tailles différentes : des grosses représentant les poissons adultes matures et des petites représentant les jeunes poissons. Les petites billes sont capturées avec l'équipement basique mais relâchées avec l'équipement respectueux.

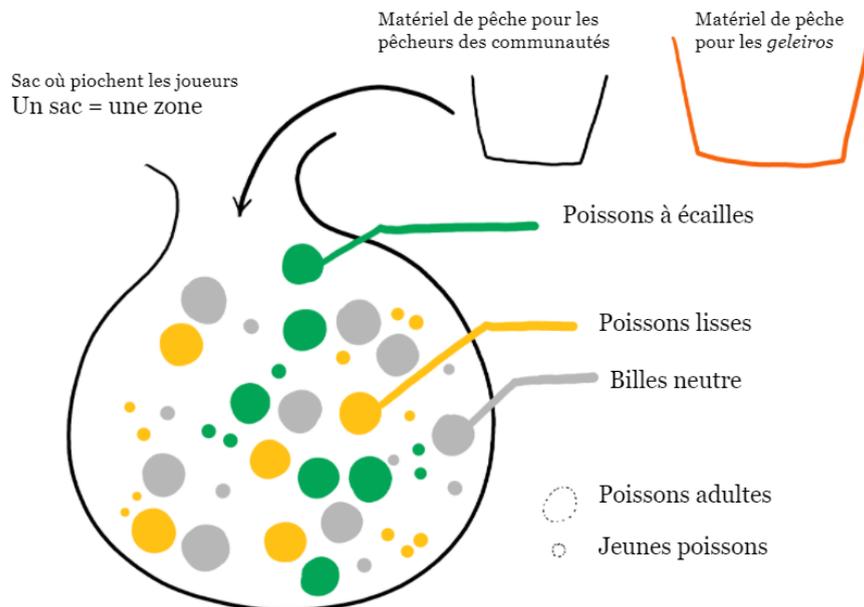


Figure 17 : Mécanisme physique de pêche dans un sac

VI. Session test fin août et avancées futures

Une session test a été organisée le dernier jour du stage, mardi 31 août, afin de se rendre compte du fonctionnement du jeu réalisé jusqu'à présent et de cibler les points sur lesquels retravailler. J'étais chargée d'animer le jeu pour trois joueurs dont deux membres de l'équipe (Christophe et Marie-Paule). Nous avons joué une année, soit quatre saisons, avec la plupart des règles expliquées ci-dessus. Les geleiros, les points de dégradation de l'environnement ou les événements n'ont pas été joués. Nous n'avons joué que trois communautés (un joueur par communauté) et trois lacs car nous n'avions que trois sacs de pêche. De même, le nombre de poissons n'était pas assez important pour une année de pêche par manque de billes.



Figure 18 : Éléments du jeu utilisés lors de la session test

Un point clé du jeu est le suivi du nombre de poissons dans chaque zone. Il s'est avéré vraiment très difficile de mettre à jour le nombre de poissons dans chaque zone et de rajouter le nombre de billes neutres adéquat, qui dépendait pour cette version de la saison, de la zone (lac ou canal) et du stock de poissons. J'avais créé pour cette version un tableau qui faisait correspondre ces caractéristiques à un nombre de billes neutres ajoutées dans le sac. Ce tableau était le même pour les deux espèces de poissons. Pour autant, le stock de la plaine inondable a été vidé en quatre saisons par les trois joueurs. Il n'avait pas encore été calibré puisque nous testions ici les mécaniques de jeu principalement. Un conseil est qu'il serait pourtant préférable de mettre plus de 10 poissons par zone pour un prochain test, pour entre 5 et 12 billes neutres ajoutées par espèce de poissons.

J'aurais de plus dû être très attentive aux discussions des joueurs si le test s'était déroulé avec les acteurs locaux. Mais étant la seule facilitatrice, il m'était difficile de garder trace des discussions entre les joueurs (que j'écoutais donc mais sans avoir le temps de prendre des notes) et de mettre le stock à jour. Il faudrait alors au moins deux facilitateurs pour animer une session de jeu.

Le mécanisme de jeu a été bien apprécié et il est prévu de le garder. Deux options sont possibles : avoir les deux espèces dans le même sac ou avoir un sac par espèce. Le choix dépend de la spécificité avec laquelle les pêcheurs attrapent une espèce donnée et des habitats différents des espèces. Il serait aussi possible de mettre à disposition les sacs de pêche pour une zone et de laisser les joueurs piocher par eux-même, plutôt que d'attendre que le facilitateur amène le sac aux joueurs, cela augmenterait le côté interactif du jeu et résoudrait les problèmes pour savoir qui est arrivé en premier.

Les geleiros, si introduits, auraient dû être joués dès la première saison. Or, il serait préférable que la première saison jouée soit totalement basique. Cet événement et la

difficulté de comprendre les frais de déplacement lors de la saison des crues (les joueurs ne voyant pas les limitations des zones) nous pousse à dire qu'il vaudrait mieux commencer le jeu en période de baisse des eaux. Les joueurs pourront aussi profiter d'une saison après la reproduction des poissons.

Le calcul numérique du stock devra de plus être retravaillé. Il n'était pas fini et nous n'avons pas pu jouer les périodes d'évolution du stock sur deux ans. Exceptés les geleiros, aucun acteur extérieur n'est intégré au jeu, ce qui sera sans doute modifié lors des avancées futures. Néanmoins, les bases de jeu sont assez complètes pour être conservées et l'équipe pourra en discuter lors de la prochaine réunion, notamment à la lumière des informations que Neriane aura récolté sur le terrain. Des éléments seront à inclure dans une version ultérieure, mais le caractère ouvert du jeu permet de les insérer sans déconstruire le travail fait jusqu'à présent.

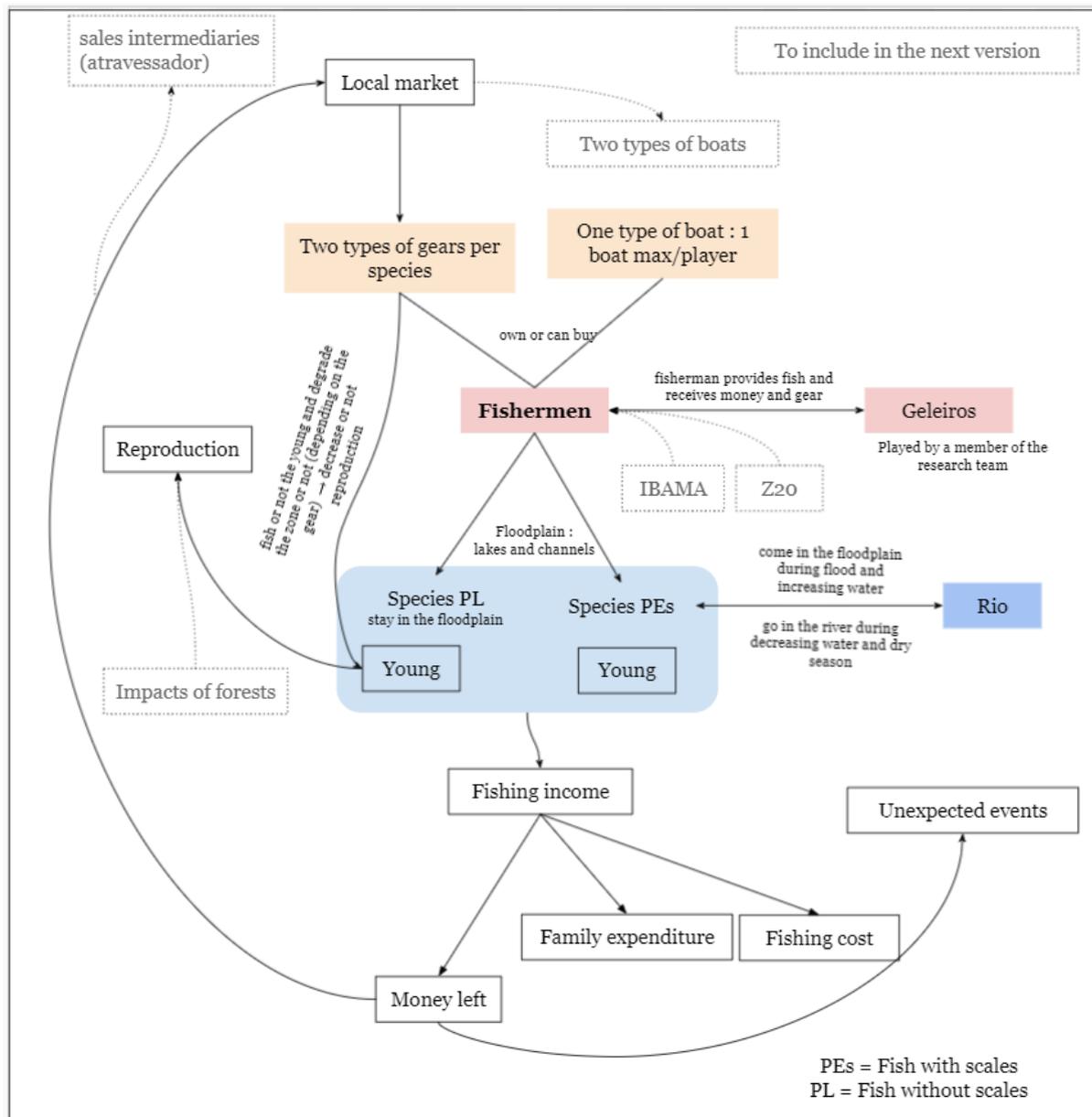


Figure 19 : Schéma des dynamiques de jeu et des éléments à inclure

DISCUSSION

Le cadre particulier de ce stage, fait en France et la plupart du temps en distanciel, ne m'a malheureusement pas permis de vraiment plonger dans une démarche de co-construction avec les acteurs locaux. Le processus de création du jeu était en effet assez déconnecté des réalités du terrain. Ces connaissances étaient apportées par les chercheurs eux-mêmes, notamment Marie-Paule qui est déjà allée plusieurs fois sur le terrain et les scientifiques brésiliens. Les discussions sur le jeu avaient lieu toutes les semaines avec les chercheurs français et toutes les deux semaines avec l'équipe au complet. Cette organisation obligeait à une double étape de validation à chaque fois, d'autant qu'il y avait souvent beaucoup de nouveautés à rattraper après deux semaines. De plus, les réunions duraient entre 2 et 3 heures et pouvaient quand même s'avérer trop courtes pour discuter de tous les points que j'aurais voulu présenter et potentiellement valider ou invalider. Les avancées du jeu sur un point précis pouvaient donc être assez lentes et j'ai du finalement imposer certaines idées pour arriver à une version finalisée du jeu. Les réunions avec l'équipe entière étaient parfois aussi difficiles à suivre, étant donné que le français et le portugais étaient les deux langues majoritairement utilisées mais que je ne parle pas portugais. Je communiquais alors en anglais et certains membres se chargeaient d'expliquer de temps à autre pour les autres.

La possibilité d'aller travailler en présentiel sur le site de Baillarguet au CIRAD a pourtant beaucoup joué pour ce stage. Elle a notamment permis de rencontrer les autres stagiaires et les membres de projets similaires à celui-ci. J'ai beaucoup appris de ces projets cousins, RADIPAM et Rehab, des jeux sur les systèmes agro-forestiers à Madagascar et la gestion de ressources dans un contexte de protection d'oiseaux respectivement. J'ai pu voir avec eux des étapes différentes de la construction et de l'utilisation des jeux, et notamment m'immerger plus dans la démarche de modélisation d'accompagnement grâce à des discussions et à un atelier sur plusieurs jours pour le projet RADIPAM.

Ce stage m'a aussi montrée l'énorme potentiel des jeux dans le milieu scientifique à stimuler le dialogue. Ces derniers permettent en effet de rapprocher deux mondes qui sont souvent distants l'un de l'autre. Je souhaiterais aussi découvrir d'autres outils facilitant la communication. Le processus de co-création est en effet stimulant et cette expérience m'offre une nouvelle piste professionnelle à explorer.

BIBLIOGRAPHIE

Bonnet M.P. et al. (2008). Floodplain hydrology in an Amazon floodplain lake (Lago Grande de Curuai). *Journal of Hydrology*, 349 : 18-30

Casillas Christian E. & Ray Isha (2019) Participatory modelling and development practice: artisanal fishers in Nicaragua, *Development in Practice*, 29:2, 135-146

Collectif ComMod (2004). La modélisation comme outils d'accompagnement.

Doyen M.F. (2016). Systèmes agraires et système d'indicateurs - Évaluation de l'impact du changement climatique sur la sécurité alimentaire dans un bassin d'inondation amazonien. Mémoire de fin d'étude. Toulouse, France : Ecole d'ingénieur Purpan, 126 p.

Edwards Peter et al. (2019). Tools for adaptive governance for complex social-ecological systems: a review of role-playing-games as serious games at the community-policy interface.. *Environment Research Letters*, 14. 17p.

Haentjens Eva. (2014). Transition vers une gestion durable des ressources des plaines inondables du bassin amazonien. Accompagner les populations riveraines par la mise en place d'un jeu de rôle. Mémoire de fin d'études. Cergy, France : ISTOM, 94 p.

Hora N.N.D. (2020). Sistemas de co-manejo pesqueiro com enfoque no Pirarucu (Arapaima spp.) em comunidades de várzea do baixo Amazonas: estrutura institucional e custos de transação. Santarém, Brasil : Universidade federal do oeste do Pará. Thèse. 217 p.

Jaffré Louise (2020). Construction d'un jeu sérieux pour l'étude des relations entre régulation de la pêche et rareté de la ressource piscicole dans la plaine inondable de Lago Grande do Curuai, Pará, Brésil. Mémoire de fin d'étude. Angers, France : ISTOM, 62 p.

Madani Kaveh et al. (2017). Serious games on environmental management. *Sustainable Cities and Societies*, 29. 1-11.

Meadows D., Fiddaman T. (1998). Teaching sustainable management of renewable resources. *Biodiversity*, 1 : 33-40.

Mengist Wondimagegn, Soromessa Teshome, Legese Gudina (2020). Method for conducting systematic literature review and meta-analysis for environmental science research. *MethodsX* 7, 100777. 11p.

Neumann (John von), Morgenstern Oskar (1944). *Theory of games and economic behavior*. Princeton University Press. 674 p.

Parrondo M., Rayon-Viña F., Borrell Y. J. & Miralles L. (2021). Sustainable Sea: A board game for engaging students in sustainable fisheries management, *Applied Environmental Education & Communication*. DOI: 10.1080/1533015X.2021.1930608

Rodela Romina, Ligtenberg Arend and Bosma Roel (2019). Conceptualizing Serious Games as a Learning-Based Intervention in the Context of Natural Resources and Environmental Governance. *Water* 2019, 11, 245-15p.

Roussel Julie. (2015). La modélisation d'accompagnement : outil pour scénariser les évolutions de la qualité de l'eau, et de la population de poissons d'une plaine d'inondation. Mémoire de fin d'études. Cergy, France : ISTOM, 95 p.

Stanistas Marios, Kirytopoulos Konstantinos, Vareilles Elise(2020). Facilitating sustainability transition through serious games : A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production* 208, 924-936.

Redpath Steve M. et al. (2018) Games as Tools to Address Conservation Conflicts. *Trends in Ecology & Evolution*, Vol. 33, No. 6. 415-426 (12 p).

[BONDS – Balancing biOdiversity coNservaion with Development in Amazonian wetlands \(bonds-amazonia.org\)](http://bonds-amazonia.org), consulté le 07/07/2021

Weiss, G., (Ed.), (1999). *Multiagent Systems. A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts. 585p.