

Rapport de mission à Parakou, Bénin, du 2 au 12 janvier 2024

Formation à la modélisation multi-agent pour des applications à la gestion intégrée des ressources naturelles



Photo 1 : Entrée de l'université de Parakou

Pierre BOMMEL et Christophe LE PAGE - CIRAD, UMR SENS

Février 2024

PLAN

| | |
|--|----|
| OBJECTIFS DE LA MISSION ET DE LA FORMATION | 2 |
| ORIGINE DE LA FORMATION | 3 |
| DEROULEMENT DE LA FORMATION | 3 |
| PROTOTYPE DEVELOPPE | 5 |
| APRES LA FORMATION. PERSPECTIVES | 10 |
| ANNEXE | 12 |
| Liste des 37 participants | 12 |
| Matériel pédagogique disponible | 13 |

Objectifs de la mission et de la formation

Financée grâce à l'appui du programme d'échange *One Planet Fellowship* géré par Agropolis Fondation, la mission avait pour objectif principal l'animation d'une formation à la "Modélisation multi-agent pour des applications à la gestion intégrée des ressources naturelles". Localement, cette formation a été organisée avec l'appui du Dr. Hilaire Sanni Worogo et du Dr. Alassan Assani du département d'agronomie de l'Université de Parakou. Elle s'est déroulée du 2 au 12 janvier 2024.

Les objectifs spécifiques de cette mission étaient les suivants

1. Fournir aux participants une introduction aux systèmes multi-agents (SMA), ciblée sur les interactions entre dynamiques écologiques et sociales. Présenter aux participants une revue, pour plusieurs disciplines, de l'état de l'art sur ce type de modèles et de la démarche constructiviste. Les sensibiliser à l'approche des systèmes complexes et à la modélisation d'accompagnement. Les exemples présentés portaient tous sur des problèmes concrets de gestion intégrée des ressources naturelles en Afrique.
2. Permettre aux participants d'initier par eux-mêmes le développement d'une application SMA simple, sur un sujet de leur choix, lié à leurs préoccupations professionnelles du moment,
3. Préciser et planifier les actions de soutien et de formation complémentaires à entreprendre pour le développement de l'utilisation des SMA pour la gestion des ressources naturelles au Bénin. Les sujets et les terrains sont nombreux et se prêtent effectivement à ce type d'approches.

Origine de la formation

Si le Dr. Alassan Assani est venu se former à la modélisation multi-agent au CIRAD grâce à l'appui du programme d'échange *One Planet Fellowship*, il faut savoir que cette collaboration entre l'UMR SENS et l'université de Parakou résulte d'une volonté bien antérieure.

En effet, lors d'une précédente mission à Parakou (avril 2023), j'ai réalisé que la faculté d'agronomie et le LESPA (Laboratoire d'Écologie, de Santé et de Production Animales, <https://lespa-up.org>) souhaitaient investir en modélisation depuis plusieurs années déjà pour former un groupe de professeurs autonomes sur ces outils et démarches. En fait, le directeur du LESPA, le Dr. Ibrahim Alkoiret Traore, zootechnicien de formation, avait participé au cours MISSABMS¹ en 2015, puis ils ont monté un dossier pour *One Planet Fellowship* afin de former M. Assani sur ces outils. M. Traore m'avait alors expliqué que c'est la thèse d'Hermes Morales (zootechnicien en Uruguay, formé à la modélisation par notre unité) qui avait suscité ce besoin. Toujours est-il que toute l'équipe dirigeante de l'université de Parakou pousse fortement pour créer ce noyau de modélisateurs à l'université. Je leur avais expliqué que la première marche est haute pour devenir autonome sur ces outils et démarches. En effet, ni M. Assani, ni M. Traore ne sont encore autonomes en termes de modélisation SMA. Depuis, nous avons invité le Dr Hilaire S. Sanni Worogo à MISSABMS 2023. Nous avons alors trouvé des fonds pour organiser une formation SMA sur place. De toutes nos expériences de formation à la modélisation, c'est la première fois que nous rencontrons une telle volonté de créer un pool de modélisateurs.

Déroulement de la formation

Organisée par Hilaire Sanni Worogo et Alassan Assani, la formation fut officialisée par plusieurs responsables de l'université : le vice-recteur de l'université, Dr Mohamed Baco, agro-sociologue, a d'abord ouvert la séance. Puis le vice-doyen de la Faculté d'Agronomie, Dr Valérien Zinsou a souligné l'importance de cette formation pour les étudiants de l'université. Enfin, le directeur du LESPA, Dr. Ibrahim Alkoiret Traore, zootechnicien, a retracé l'historique des relations de son laboratoire avec l'UMR SENS (voir paragraphe [Origine de la formation](#)).

¹ MISSABMS (“*Multi-platform International Summer School on Agent-Based Modelling & Simulation*”) est une école d'été internationale & multi-plateforme sur la modélisation et la simulation multi-agent appliquées à la gestion des ressources renouvelables. Créée depuis 2011, MISSABMS est organisée tous les ans en septembre par Agropolis International. Au cours de cette formation de deux semaines, les participants sont initiés à trois des plateformes de modélisation à base d'agents les plus importantes dans le domaine de la science socio-écologique : Netlogo, Gama et Cormas. Après cette initiation, ils choisissent une des trois plateformes pour développer leur modèle.



*Photo 2 : Ouverture officielle de la formation. De gauche à droite :
I. Traore, H. Sanni Worogo, C. Le Page, P. Bommel, M. Baco, V. Zinsou, A. Assani*

L'annonce de cette formation auprès des étudiants de l'université a recueilli un grand succès et plus de 100 candidatures ont été reçues. Afin de réduire le nombre de participants, les organisateurs ont éliminé les étudiants n'ayant pas de Master. Ils ont ensuite éliminé les candidats dont les lettres de motivations ne correspondaient pas suffisamment au profil de la formation. Au total, 37 participants ont été sélectionnés (voir liste en annexe), principalement des doctorants, des docteurs et des enseignants-chercheurs.



Photo 3 : Ouverture de la formation avec l'ensemble des participants

Le principe de la journée continue (9h à 17h avec pause entre 13h et 14h) a été retenu.

Selon un schéma aujourd'hui éprouvé, la formation a alterné des cours théoriques et des présentations d'applications des SMA dans différentes disciplines avec des exercices pratiques sur le langage UML, sur le langage « Smalltalk » et sur la plate-forme de simulation Cormas (<http://cormas.cirad.fr>). Le tableau suivant présente ses différentes activités et leur enchaînement tout au long de la semaine.

Tableau 1 : Programme de la formation

| Modélisation Multi-Agent pour des applications en gestion des ressources naturelles | | | | | |
|---|--|--|--|--|-----------------------------------|
| Programme du cours, Janvier 2024, Université de Parakou, Bénin | | | | | |
| Heure | Lundi 08/01 | Mardi 09/01 | Mercredi 10/01 | Jeudi 11/01 | Vendredi 12/01 |
| 9:00 | Introduction : Présentation des participants et du programme | Théorie et concepts des SMA (suite) | UML modèle "Parakou" | ComMod : "Conflicts d'accès à la terre, Sénégal" | Finalisation du modèle et analyse |
| | Pause | Etude de cas: Elevage au Bénin (Alassan) | Codage des classes, et attributs du modèle | Codage des classes, et attributs du modèle | |
| 10:00 | Théorie et concepts des SMA, par exemples | Pause | Pause | Pause | Pause |
| 12:30 | | UML: Aspects Statiques | Implémentation "Parakou": cartes initiales | UML modèle "Parakou": activités | Debriefing de la formation |
| 13:00 | Déjeuner | Déjeuner | Déjeuner | Déjeuner | Déjeuner |
| 14:00 | Installation de CORMAS | Exercices UML | UML: Aspects Dynamiques | Cours de Smalltalk | |
| 14:30 | Manipulation de ECEC | | | | |
| 15:00 | Pause | Pause | Pause | Pause | |
| 15:30 | Présentation du modèle de la semaine ("Parakou") | Manipulation de ECEC et Smalltalk | Tiercé des cartes | implémentation des dynamiques | |
| 16:00 | Contexte du modèle Parakou, par groupe | Initialisation des 3 cartes | | | |
| 17:00 | | | | | |

La salle mise à notre disposition nous a permis de faire manipuler les ordinateurs individuellement. En raison de leur proximité, les participants pouvaient interagir et s'entraider. L'atmosphère de cette formation fut excellente tout au long son déroulement.

Prototype développé

Après discussion avec l'ensemble des participants, il a collectivement été décidé que le thème sur lequel porterait le prototype SMA à développer serait rattaché aux « Relations agriculteurs éleveurs dans la région de Parakou ». En effet, il s'agit actuellement au Bénin d'un sujet brûlant, car de nombreux conflits ont lieu depuis des années. Le gouvernement béninois vient tout juste de promulguer une loi obligeant les éleveurs à se sédentariser.

Sur ce thème, il a été proposé de créer cinq groupes afin que chacun définisse le sujet et en fasse une courte présentation sous la forme d'une petite histoire.

Le travail par groupes pour la réalisation du prototype s'est très bien passé également. Les 37 stagiaires se sont répartis en cinq groupes et ont produit des synopsis qui furent ensuite synthétisés. Voici cette synthèse :

Comment mieux concilier agriculture et élevage à l'échelle d'une commune au Bénin ?

Au Bénin, il existe des conflits récurrents entre agriculteurs et éleveurs qui se retrouvent en compétition pour l'usage des terres (champs vs pâturage) et de l'eau (arroser les cultures vs abreuver les troupeaux). De plus, les animaux ont tendance à entrer dans les champs cultivés dont ils sont proches pour se nourrir, provoquant des dégâts. Cela peut se produire lorsque des champs sont installés à proximité des zones de pâturage, mais aussi lorsque les troupeaux empruntent des couloirs de passage pour aller des zones de pâturage aux points d'eau, d'autant plus lorsque les agriculteurs cultivent à proximité de ces couloirs ou, en contre-saison, à proximité des points d'eau.

Le modèle vise à stimuler une réflexion collective sur les modes d'organisation produisant des résultats satisfaisants à la fois pour l'agriculture et pour l'élevage.

À partir de cette description, les groupes constitués ont dû concevoir plusieurs diagrammes de classes UML afin de décrire sans ambiguïté la structure du modèle conceptuel qu'ils avaient en tête. Par ailleurs, et afin de représenter l'ensemble du fonctionnement du modèle, chaque groupe a été en charge de concevoir un diagramme d'activité ou d'état-transition représentant chacun une partie de la dynamique du modèle. Par exemple, un groupe devait décrire de façon formelle les différents états possibles d'une parcelle et les événements déclencheurs de changement d'état, quand un autre groupe devait représenter les activités d'un agent éleveur ou d'un agriculteur.



Photo 4 : Quatre groupes travaillant sur la conception du prototype

Le jour suivant, chaque groupe a alors présenté ses propositions de schéma. Elles ont alors été collectivement discutées, débattues et révisées dans le but d'aboutir à un modèle conceptuel qui convienne à l'ensemble des participants. Les débats ont souvent été très animés, ce qui révèle bien que la question des conflits entre élevage et agriculture est un sujet sensible au Bénin.



Photo 5 : présentation des différents diagrammes dynamiques par les groupes

Le diagramme de classes suivant présente la structure finale du modèle qui sera implémenté par tous les participants.

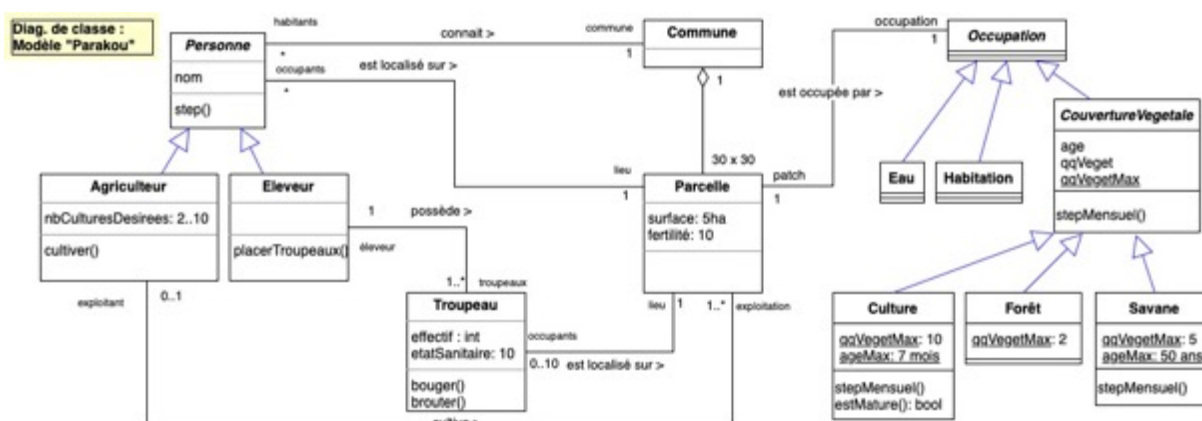


Figure 1 : Diagramme de classe UML du prototype

Les autres diagrammes qui présentent les dynamiques du modèle sont disponibles sur le Drive partagé de la formation (voir annexe).

Ce modèle a alors été implémenté sur la plate-forme Cormas. Cette phase de codage a été organisée collectivement, chacun sur son ordinateur en suivant les instructions d'un des deux formateurs (l'autre formateur jouant le rôle de « pompier » pour chaque participant bloqué). Ces phases de codage ont alterné avec des cours sur Smalltalk, le langage de programmation orientée objet utilisé dans Cormas. Une vidéo résumant l'ensemble du processus a été réalisée par les formateurs. Elle est disponible sur le Drive partagé (voir annexe) afin que chacun puisse répéter la procédure à tout moment. Les deux photos suivantes illustrent cette étape du codage collectif.



Photo 6 : atelier de codage du prototype sur CORMAS

Comme le modèle est spatialisé, il a été demandé à chacun de dessiner sous CORMAS une grille spatiale qui serve de paysage stylisé pour initier les simulations. Trois configurations spatiales ont alors été choisies par un vote.



Photo 7 : Sélection par vote de trois paysages initiaux

La version actuelle du modèle de simulation reste encore trop rudimentaire pour traiter de la problématique des conflits récurrents entre agriculteurs et éleveurs pour l'usage des terres. Mais elle constitue une bonne base pour continuer ce travail. Nous effectuerons prochainement un sondage auprès de tous les participants afin de savoir qui a poursuivi ce travail après la formation.

Après la formation. Perspectives

L'atmosphère de cette formation fut excellente tout au long son déroulement. Cette semaine a permis de bien faire passer le message de la démarche de la modélisation d'accompagnement. Plusieurs doctorants dont les projets sont actuellement en cours de définition ont clairement exprimé le souhait d'intégrer une part importante de modélisation multi-agent dans leur sujet de thèse. Or, suite à cette première formation, ils se sont rendu compte que la démarche demande de mobiliser de nombreuses compétences. En effet, la marche est haute pour devenir autonome sur ces outils et méthodes, et aucun d'entre eux n'est encore autonomes en termes de modélisation SMA.

Aussi, ils sont très demandeurs d'un appui et d'un suivi de leurs activités par les "spécialistes" qui les ont formés. Cependant, même si les participants souhaitent poursuivre dans cette voie, il n'en demeure pas moins qu'il existe un important risque de voir les enthousiastes se décourager par manque d'autonomie et en raison de leur isolement. Il est donc à notre avis important de réfléchir à un dispositif qui veillerait à ne pas laisser cette dynamique naissante retomber rapidement, voire qui permettrait de construire un véritable réseau de recherche sur la modélisation d'accompagnement au Bénin. L'idée de poursuivre cette expérience par la rédaction collective d'un article sur le prototype développé a été très bien accueillie, mais est-ce réaliste en l'état ?



Photo 8 : Photo de tous les participants, prise le dernier jour de la formation


Annexe

Liste des 37 participants

| NOM | Prénom | Status | email |
|-------------------|-----------------------|----------------------|--|
| SANNI WOROGO S. | Hilaire | Chercheur associé | hilairov@gmail.com |
| ASSANI SEIDOU | Alassan | Enseignant-chercheur | alasanassani@gmail.com |
| HOUNTON | Coômlan Charles | Enseignant-chercheur | chacoli2001@yahoo.fr |
| ALABI A. | Cham Donald | Enseignant | donach2@gmail.com |
| DADO TOSSOU | Baké | Doctorante | fbtossou@yahoo.fr |
| ADAMBI B. | Zhairath F. | Chercheur | adambizaf@gmail.com |
| SANNI WOROGO S.B. | Judicaël | Doctorant | judicaelovic@gmail.com |
| ADEDIGBA | Saliou | Docteur agronome | adedigbasaliou@gmail.com |
| KORA TIKIN | Yarou Ayouba | Doctorant | ykoratikin@gmail.com |
| MAMAN | Abdou Razak | Chercheur | razakmaman@yahoo.fr |
| IWAKA | Christophe | Chercheur | iwakachristophe@gmail.com |
| ADECHIAN | Soulé Akinhola | Chercheur | adechians@yahoo.com |
| GOUROUBERA | W. Mori | Chercheur | gourouwm@gmail.com |
| KORA SABI | Albert | Doctorant | albertkora67@yahoo.fr |
| HOUNTON | Adétoundé Jean-Claude | Doctorant | jeanclaudehounton@yahoo.fr |
| SAMBO ALOU | Issifou | Doctorant | sissifou@yahoo.fr |
| GLONI | F.M. Boris | Doctorant | borisfrejus@gmail.com |
| OGOUDOU | Christine | Doctorante | christineogoudou@gmail.com |
| GOUTHON | Boladji Morrisson | Doctorant | morrissongouthon@gmail.com |
| DOSSO | Faridah | Chercheur | dossofaridah@gmail.com |
| IMALI PAGANI | Bouraïma | Doctorant | imalipaganib@gmail.com |
| ASSOGBA | Brice Gérard | Agronome | briceassogba96@yahoo.fr |
| ABIOLA | Abdou Waliou | Agronome | waliouabiola@gmail.com |
| ALIMI | Nouroudine | Doctorant | nouroudinealimi@gmail.com |
| DIMON | Elodie | Chercheur | dimelodie@gmail.com |

| | | | |
|------------|----------------|----------------------|--|
| TIDJANI | Massourou | Doctorant | tidjanimassourou@gmail.com |
| BIO BONE | Brice | Doctorant | bricebiobone@gmail.com |
| GOUDA | Abdoul-Ibrachi | Chercheur | goudaibrachi@yahoo.fr |
| MAMA SAMBO | Haoussatou | Agronome | hamssathsambo@gmail.com |
| MOUOUAMA | Mansadi Victor | Doctorant | victormansadi@yahoo.fr |
| GBADAMASSI | Fousséni | Doctorant | foussexpress@live.fr |
| ADETONA | Luc | Doctorant | adetonaluc5@gmail.com |
| KOUDJOUE | A. Myriam | Doctorante | koudjouea@gmail.com |
| DEDEHOU | Nadège | Enseignant-chercheur | nadegededehou@yahoo.fr |
| AHODJIDE | Soulémane | Doctorant | soulemann_22@yahoo.fr |
| AZALOU | Maximilien | Chercheur | maxazaloux@yahoo.fr |
| KOCHONI | Ranti | Doctorant | kochoniranti01@gmail.com |
| | | | |
| BOMMEL | Pierre | Chercheur | bommel@cirad.fr |
| LE PAGE | Christophe | Chercheur | le_page@cirad.fr |

Matériel pédagogique disponible

Toutes des présentations pour cette formation sont disponibles sur un Drive  :
https://drive.google.com/drive/folders/1LxAQBqxrJ-8NQ4cdYTECG-x_682iCN9Y?usp=share_link

Ce répertoire partagé contient également le matériel (code, vidéo explicative, schémas UML) pour ré-implémenter le modèle-prototype « Parakou ».

