MONTPELLIER INTERDISCIPLINARY CENTER
ON SUSTAINABLE AGRI-FOOD SYSTEMS
SOCIAL AND NUTRITIONAL SCIENCES

CIHEAM MONTPELLIER

Modélisation des systèmes agricoles: Une exploration de la modélisation basée sur les agents et de l'intégration de la programmation mathématique par le biais d'une analyse systématique de la littérature

Kadriye Kardelen Guzel[1], Amélie Bourceret[2], Sophie Drogué[3]

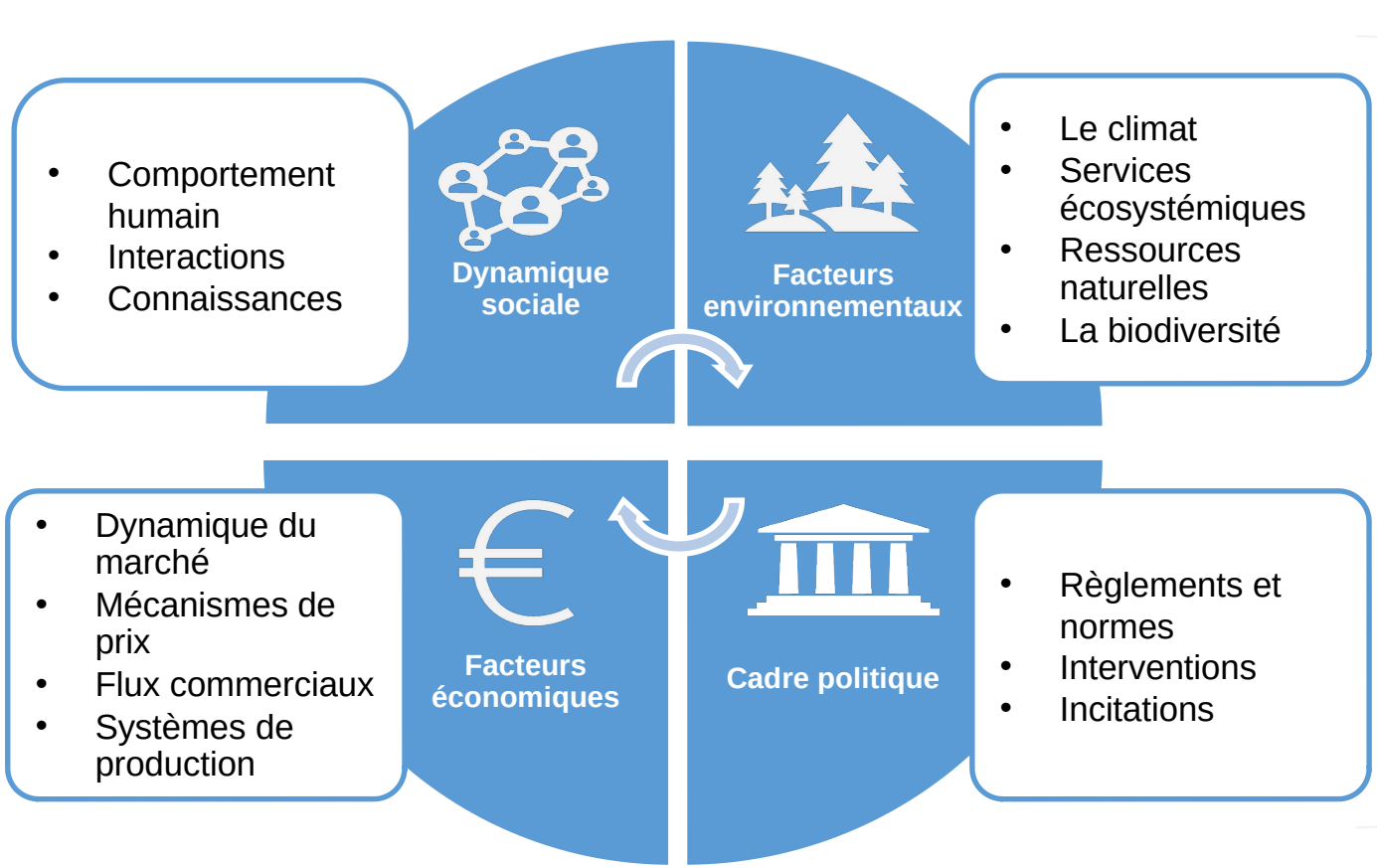
1) [1]CIHEAM, IAMM, 34090, Montpellier, France
2) [2]CIHEAM, IAMM, 34090 & UMR MOISA, INRAE, 34060, Montpellier, France
3) [3]UMR MOISA, INRAE, 34060, Montpellier, France

Plan

1. Introduction
2. Méthodologie
3. Résultats
4. Discussion
5. Conclusion

1- INTRODUCTION

Comprendre les interactions multidimensionnelles dans l'agriculture : Modélisation des systèmes agricoles



Comment mieux comprendre les systèmes complexes ?

Approche de la modélisation

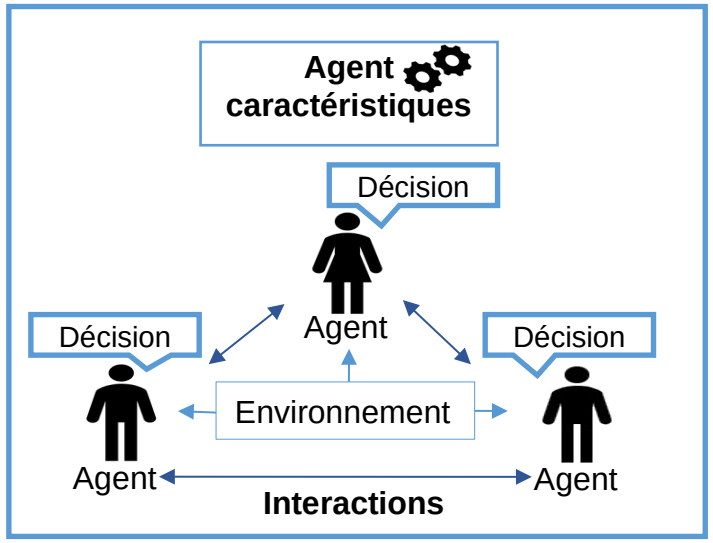
Agent-Based Modeling (ABM)

Mathematical Programming (MP)

- **Comment ces techniques de modélisation sont-elles intégrées dans la littérature ?**
- **Quels sont les avantages et les défis de cette intégration ?**
- **Quels sont les contextes agricoles et les éléments du système les plus étudiés ?**
- **Comment ces techniques améliorent-elles la prise de décision dans l'agriculture ?**

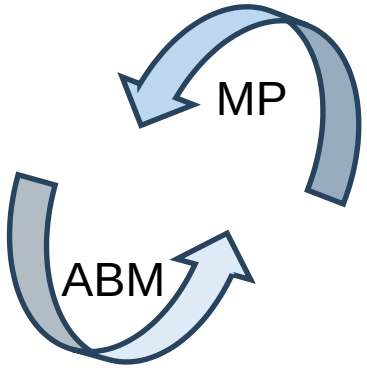
Qu'est-ce que l'ABM et le MP, Comment fonctionnent-ils ?

ABM



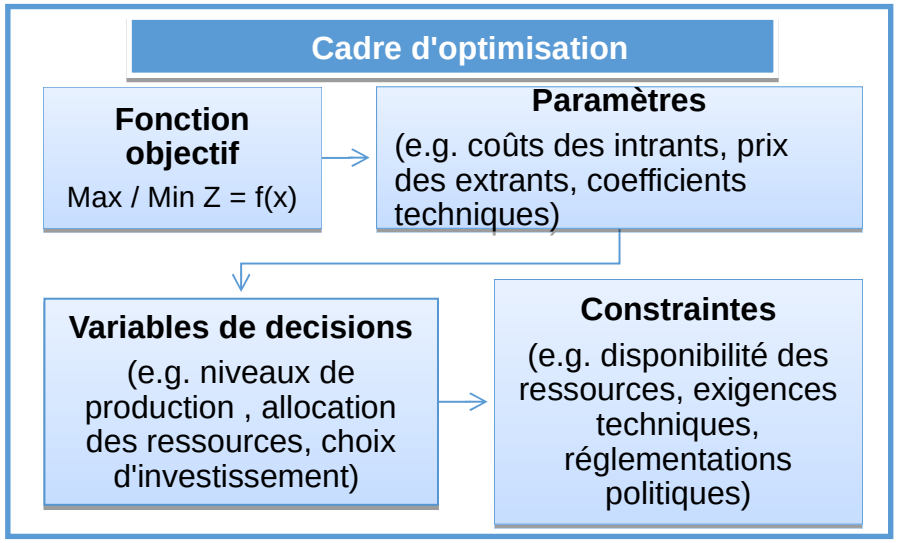
La ABM est utilisée pour représenter les différents éléments des systèmes et leurs interactions. (Bonabeau, 2002 ; Janssen, 2005)

- **Analyse économique**
- **Optimisation**



- **Processus sociaux**
- **Comportement émergent**

MP

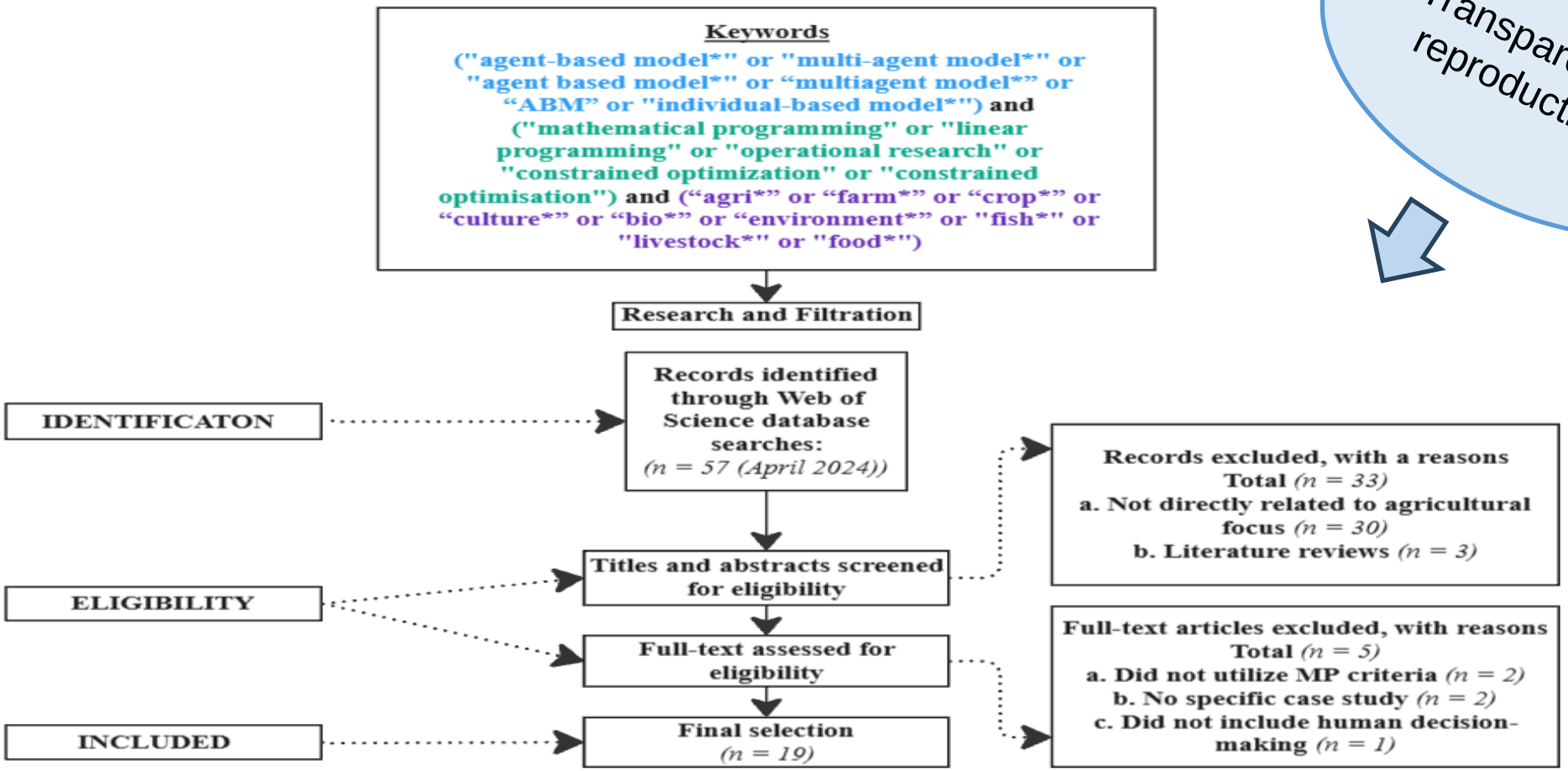


La MP est un outil utilisé pour identifier les meilleures stratégies dans le cadre de contraintes et de fonctions objectives, en vue d'une optimisation économique. (Kaiser and Messer, 2011)

2 - MÉTHODOLOGIE

Processus d'analyse systématique de la littérature - PRISMA

Transparence et reproductibilité



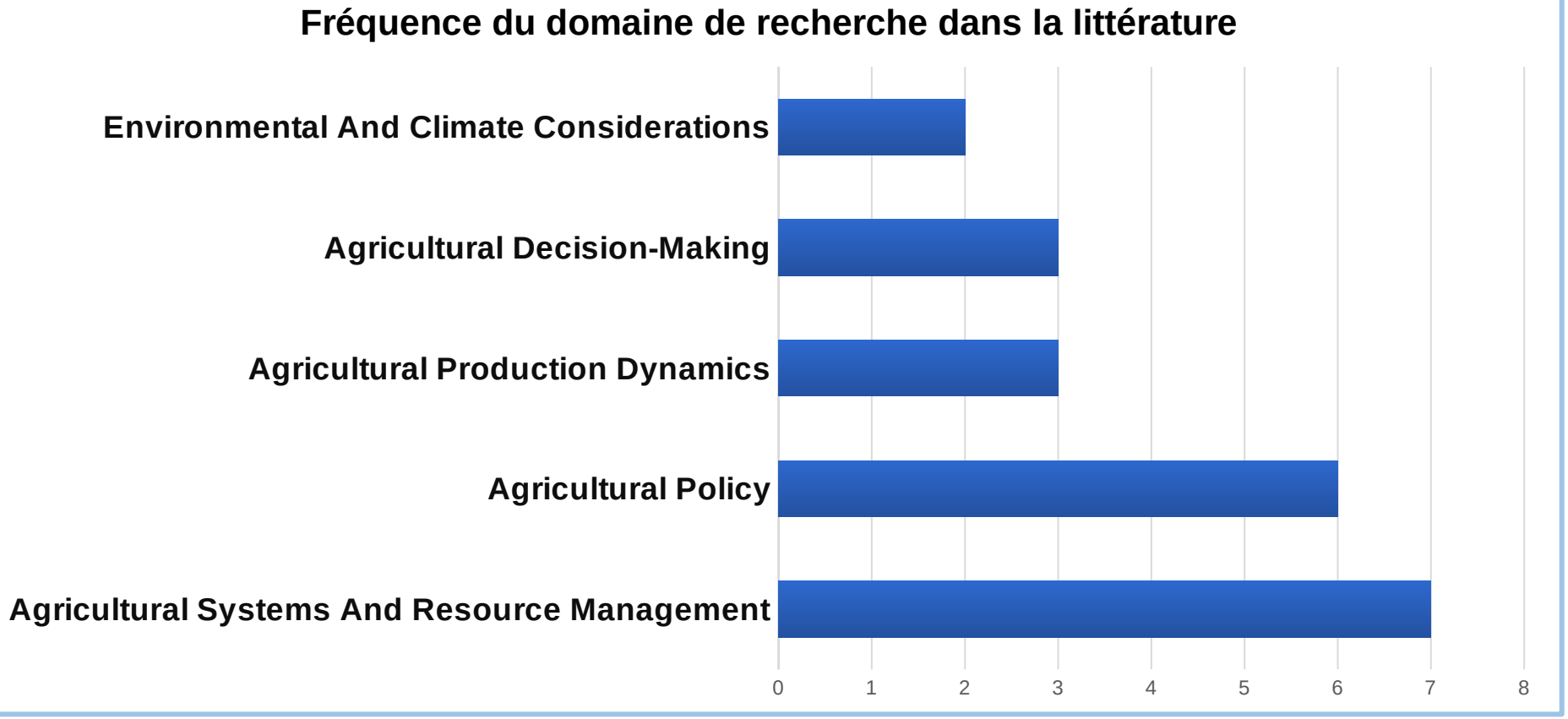
(Page et al., 2021)

Processus d'analyse des données

Grille de lecture	• Grille d'analyse identique pour tous les articles • Codage systématique (réponses binaires (Yes/No) / ouvertes)
Catégorisation des données	• Informations générales sur le modèle • Éléments de prise de décision • Interactions des agents et environnement • Forces et faiblesses du modèle
Analyse des fréquences	• La fréquence des réponses dans les différentes catégories a été calculée
Validation	• Deux examinateurs indépendants ont évalué la fiabilité

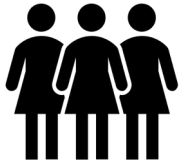
2 - RÉSULTATS

Dans quels contextes l'intégration de l'ABM et de la MP dans l'agriculture a-t-elle été la plus fréquente ?



Chaque étude peut contribuer à plusieurs catégories, et les résultats sont basés sur 19 **études** analysées.

Principaux cadres de modélisation des études



MP-MAS

- Simulations dynamiques multi-agents
- Processus de décision agricole
- Gestion des ressources & optimisation
- Évaluation d'impact des politiques

%26

MODFLOW

- Modélisation du lien eau-énergie
- Gestion des eaux souterraines
- Optimisation de l'allocation des ressources

%11

AgriPoliS

- Simulation des scénarios politiques
- Dynamiques d'utilisation des terres
- Changements structurels agricoles

%11

Composantes clés de la MP

La grande majorité des études se sont concentrées sur la maximisation des profits ou des revenus.

Près de 52% des études ont utilisé la programmation linéaire (LP).

Variables décisionnelles

- Décisions de production (**16/19**) → Quoi produire, combien, quand
- Gestion des ressources (**10/19**) → Allocation des terres, eau, main d'œuvre
- Choix d'investissement (**7/19**) → Équipement, technologies, infrastructures

Contraintes principales

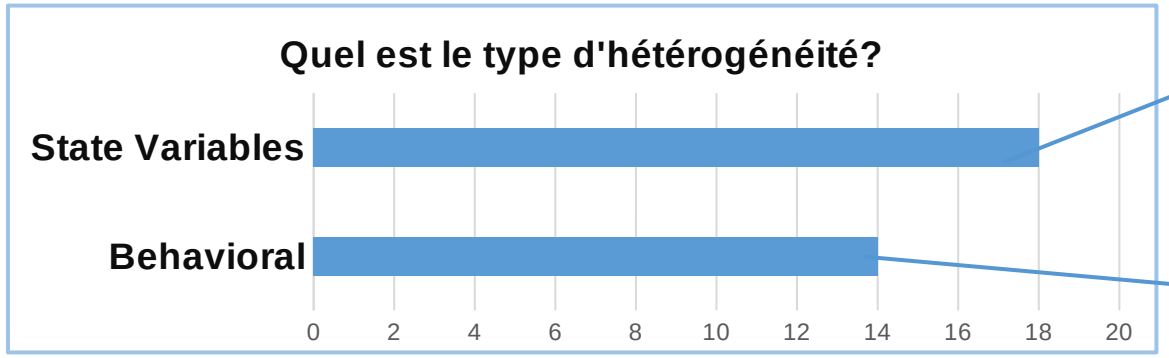
- Disponibilité des ressources (**16/19**) → Terres, eau, capacité de production
- Limitations financières (**14/19**) → Budget, coûts, investissements
- Exigences techniques (**11/19**) → Capacités, équipement, fonctionnement et logistique

Éléments de la ABM

Interactions

- **Interactions économiques** (10/19): Marchés, transactions, négociation etc.
- **Apprentissage / Information** (6/19): Partage de connaissances, réseaux etc.

Hétérogénéité



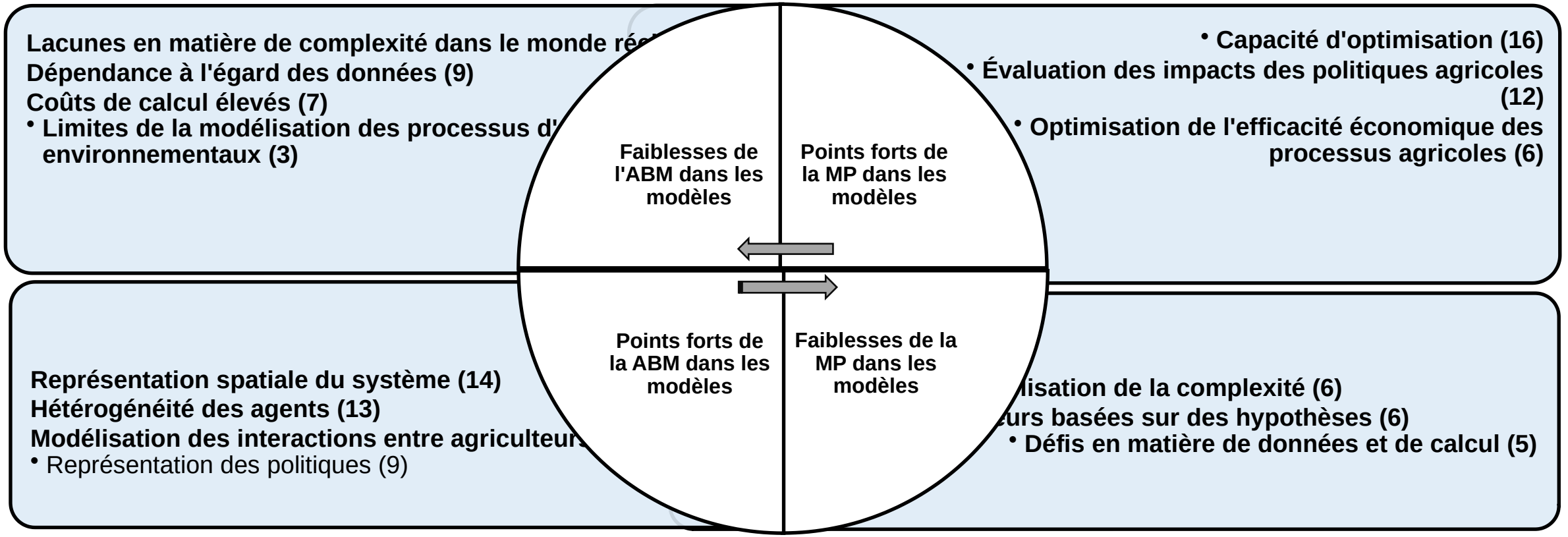
- Différences structurelles et spatiales
- Taille des exploitations
- Technologies utilisées
- Dotation en ressources (terre, travail, capital)….

- Préférences de risque
- Préférences d'activité agricole
- Adoption d'innovations…

Processus de décision

- **Décisions individuelles** (17/19) → Comportements autonomes des agents

Avantages et défis de l'intégration



2 - DISCUSSION et CONCLUSION

Pourquoi Coupler ABM et MP ?

- **Valeur de l'intégration :**
  L'association de l'ABM et du MP permet

Intégration Synergique
Complémentarité Méthodologique & Optimisation Quantitative

Analyse Holistique
Comportements agricoles individuels & systémiques

De la Théorie à la Pratique
Pertinence scenario politique etc.

Exploration Dynamique Multi-échelles
Exploration systémique des interactions entre aspects économiques, politiques, environnementaux et sociaux de l'agriculture

Innovation
Systèmes agricoles durables & facilité de prise de décision

Les contributions clés de l'étude:

Considérations techniques sur la modélisation

- Utilisation répandue du cadre **MP-MAS**: Applications réussies dans divers contextes agricoles
- Usage prévalent de **LP** et limité de **NLP**: Choix basé sur l'efficacité computationnelle et la complexité des interactions
- Agent hétérogène et capacité de représentation spatiale de **l'ABM**

Contributions à l'étude du thème de l'agriculture dans la littérature

- Considérations politiques et accent mis sur les systèmes agricoles et la gestion des ressources
- Dominance des processus décisionnels centrés sur l'agriculteur
- Refléter l'hétérogénéité des comportements
- Forte représentation des processus d'apprentissage et de partage des connaissances

Les limites techniques de la modélisation

- Contraintes de données et coûts computationnels élevés
- Représentation insuffisante des dynamiques de chaîne d'approvisionnement
- Difficulté à refléter avec précision le comportement dans le monde réel

Limites de la littérature

- Nombre limité d'études intégrées
- Manque de données empiriques au niveau primaire

Conclusion

Conclusions Principales

- Le développement méthodologique en est encore à un stade précoce.
- La modélisation des systèmes complexes recèle un potentiel important.
- L'intégration de l'ABM et de la MP constitue une approche efficace pour modéliser les systèmes agricoles.
- L'accès aux données et aux ressources computationnelles est critique.

Recommandations pour les Recherches Futures

- Les cadres de modélisation normalisés devraient être utilisés plus souvent afin d'accroître l'accessibilité des méthodes
- Une meilleure intégration des perspectives de l'économie comportementale
- Une analyse plus détaillée des différents domaines sectoriels comme les dynamiques de la chaîne d'approvisionnement
- L'intégration peut être améliorée avec des algorithmes plus rapides et plus efficaces

Merci de votre attention