



Modéliser des réseaux céréaliers-éleveurs pour évaluer leur capacité d'autonomie locale : Application en Ariège

PETER Aurélien, INRAE

REUILLON Romain, ISC-PIF

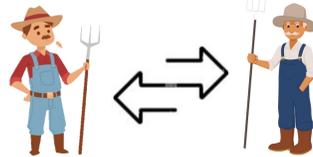
GAUDOU Benoit, IRIT

GRILLOT Myriam, INRAE



Les systèmes mixtes

- ❖ De **nombreux avantages** (Martin et al., 2016; Schut et al., 2021) comme:
 - ↓ Réduction des intrants
 - ↑ Qualité du sol
 - ↑ Productivité, efficacité et résilience de l'exploitation
- ❖ Mais **en déclin**
 - ↓ -31% polyculteurs-éleveurs en France entre 2010 et 2020 et -9% de surface (contre -6% d'exploitations et +9% de surface pour les céréaliers) (Agreste)
 - ➔ Spécialisation des territoires
- ❖ Importance de mieux comprendre les interactions entre céréaliers et éleveurs
 - ❖ Approche par la modélisation



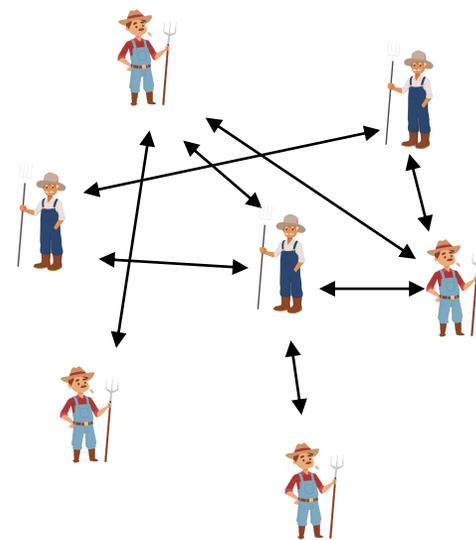


Objet d'étude

❖ Etude des interactions entre agriculteurs en Ariège constituant un réseau de:

Flux de biomasse : 1 interaction = échange d'une matière (paille, fumier, grain, fourrage) entre un fournisseur et un demandeur

Confiance entre agriculteurs





Approche de construction du modèle

13 enquêtes et méthode Q (Triolet, 2022)

Enquêtes de terrain + discussions de groupe

Bibliographie

Algorithme de Gale-Shapley (Gale et al., 1962)
Théorie du comportement planifié (Ajzen, 1991, Noeldeke et al., 2022)

Données Départementales + Enquêtes



Règles de décision



Génération de 300 agents + 1 coopérative

3 Types d'exploitation

- céréalier
- éleveur
- céréalier-éleveur

Exploration : vérification et validation

Choix des indicateurs



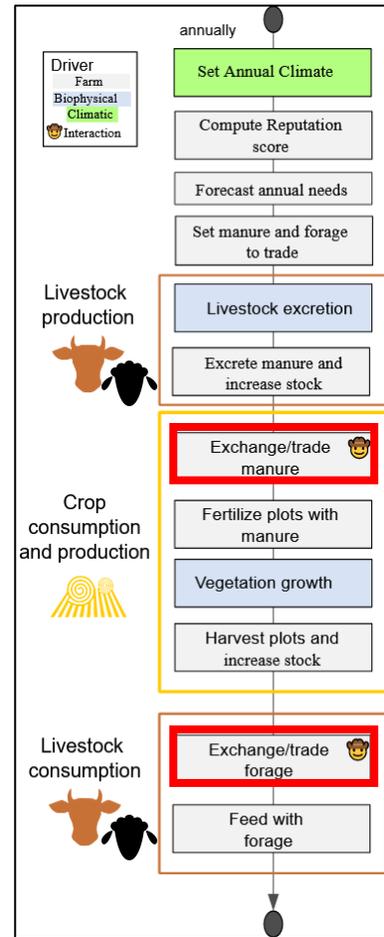
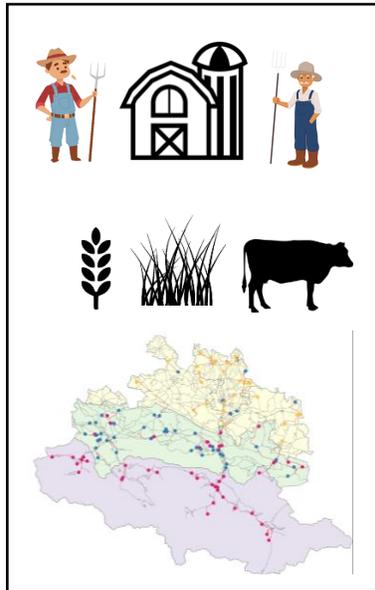
Plate-forme OpenMole (Reuillon et al., 2013)



Processus de simulation

Diagramme d'activité (1 cycle = 1 an)

Initialisation

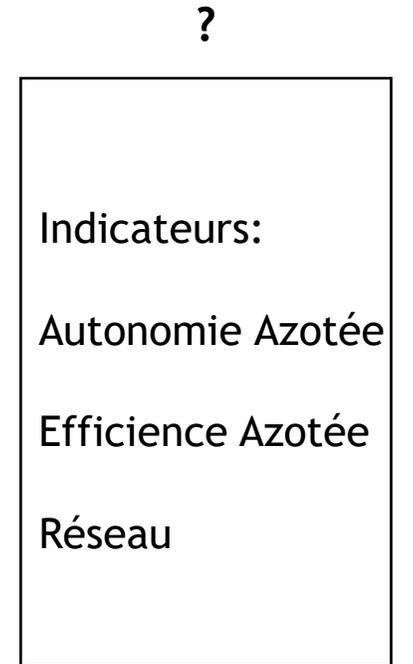


Répétition de **8 cycles**

→ **Stabilisation de la simulation**

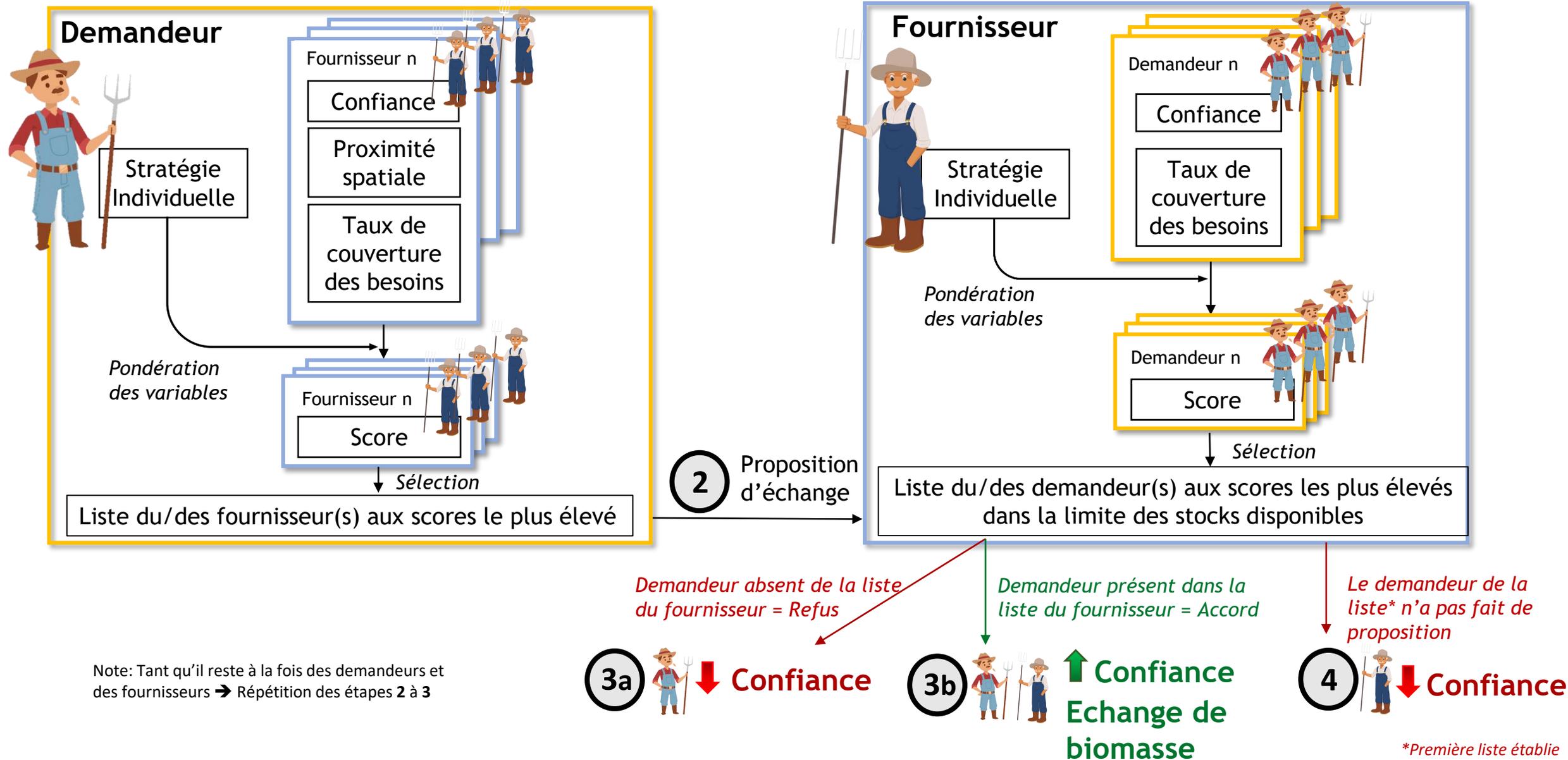
**Application
de scénarios**

Sur ? cycles



Processus d'échange et d'évolution de la confiance

1 Identification des partenaires souhaités



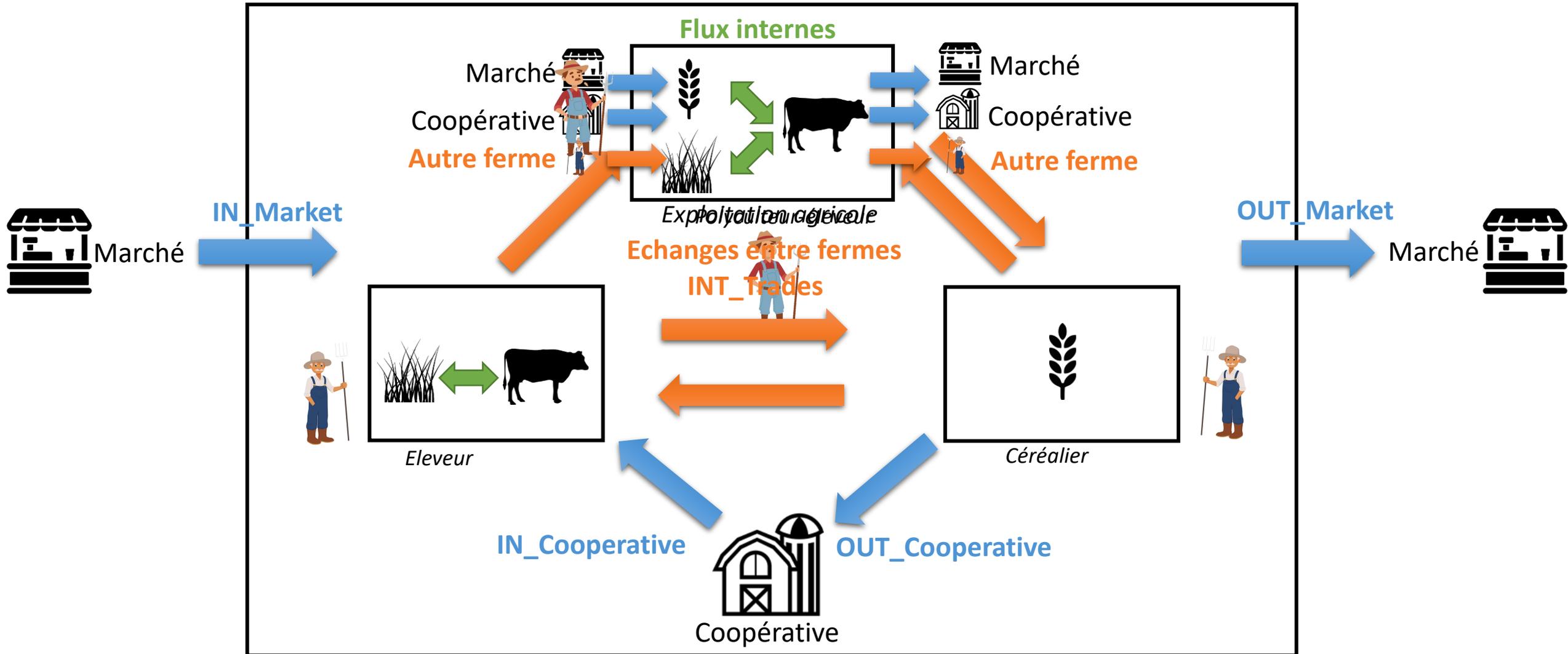
Indicateurs

Indicateurs de Flux Azotés

Autonomie de l'exploitation ou ICR Local = Flux internes / Tous les flux

Autonomie locale = Flux internes + Echanges avec les autres fermes / Tous les flux

Autonomie du territoire: ICR Global = $INT_Trades / (IN + OUT + INT_Trades)$



Niveau du territoire

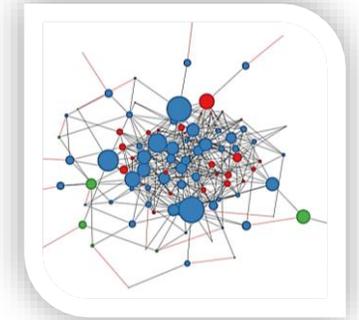
Inspiré de Rufino et al. (2009)

Indicateurs

Indicateurs de Réseaux

Betweenness Centrality (centralité d'intermédiation) et densité

- ❖ Estime la centralité de la structure du réseaux
- ❖ Permet de voir le rôle de chaque individu dans le réseau (« gate-keeper », etc)



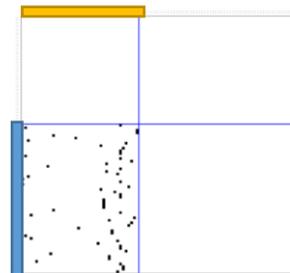
Confiance moyenne du dernier cycle

- ❖ Estime l'intensité moyenne des liens de confiance

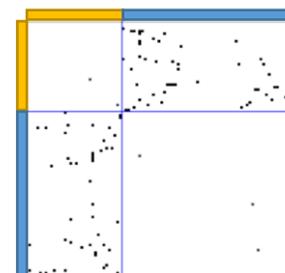


Typologie de Réseau = **Blockmodeling**

1 Arc entre
2 groupes



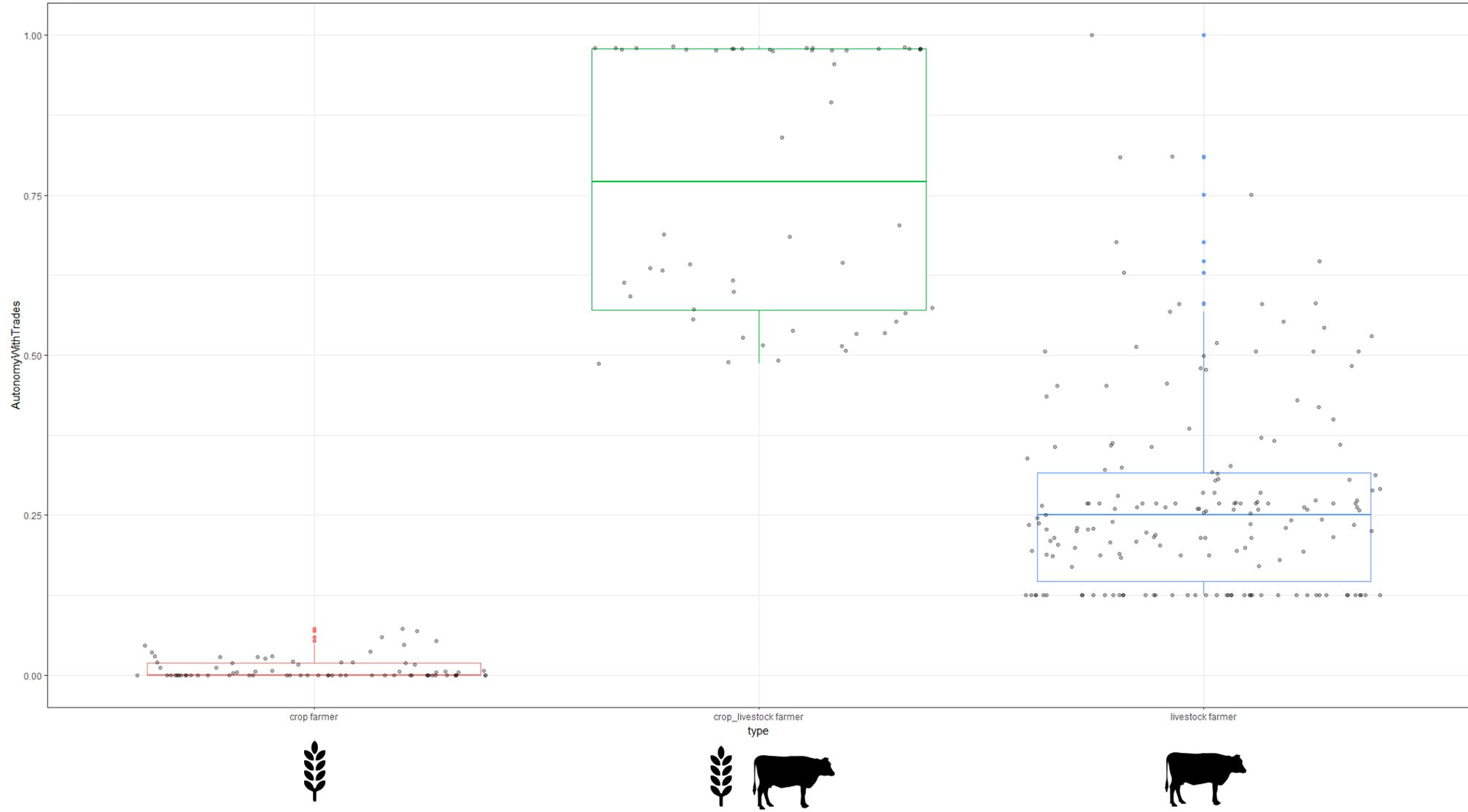
2 Arcs entre
2 groupes



Autonomie locale par type de ferme

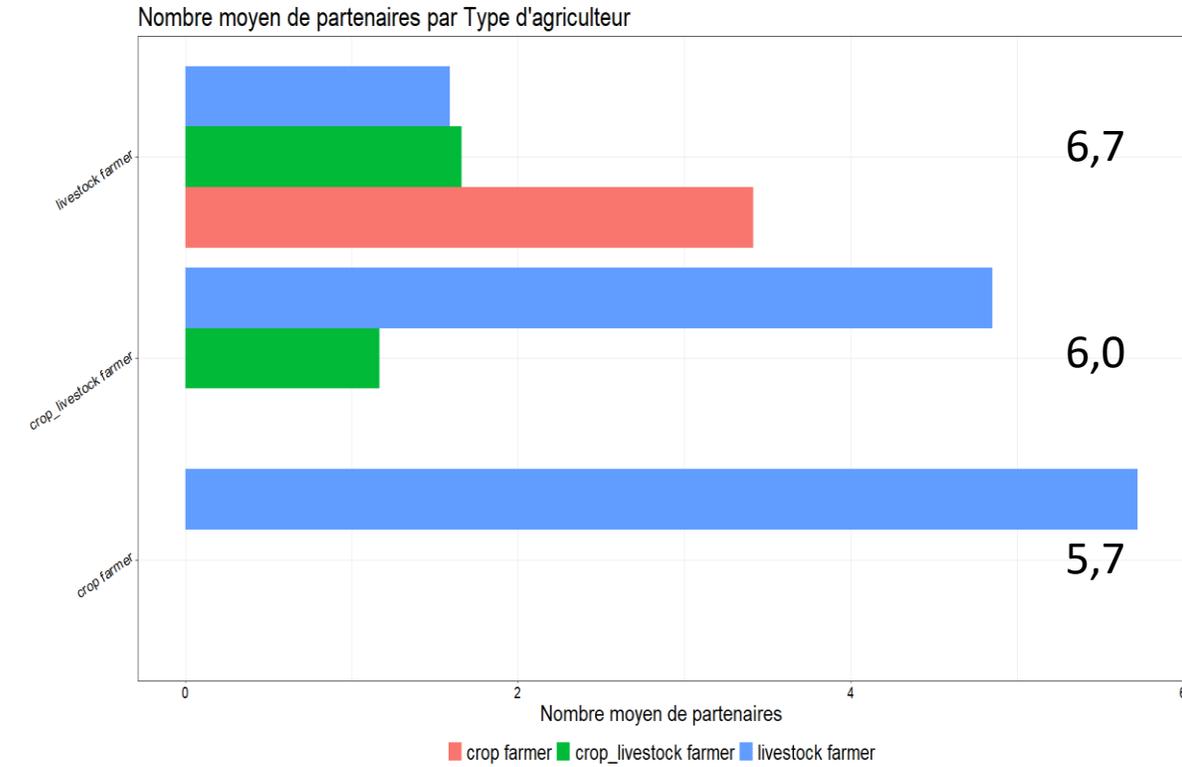
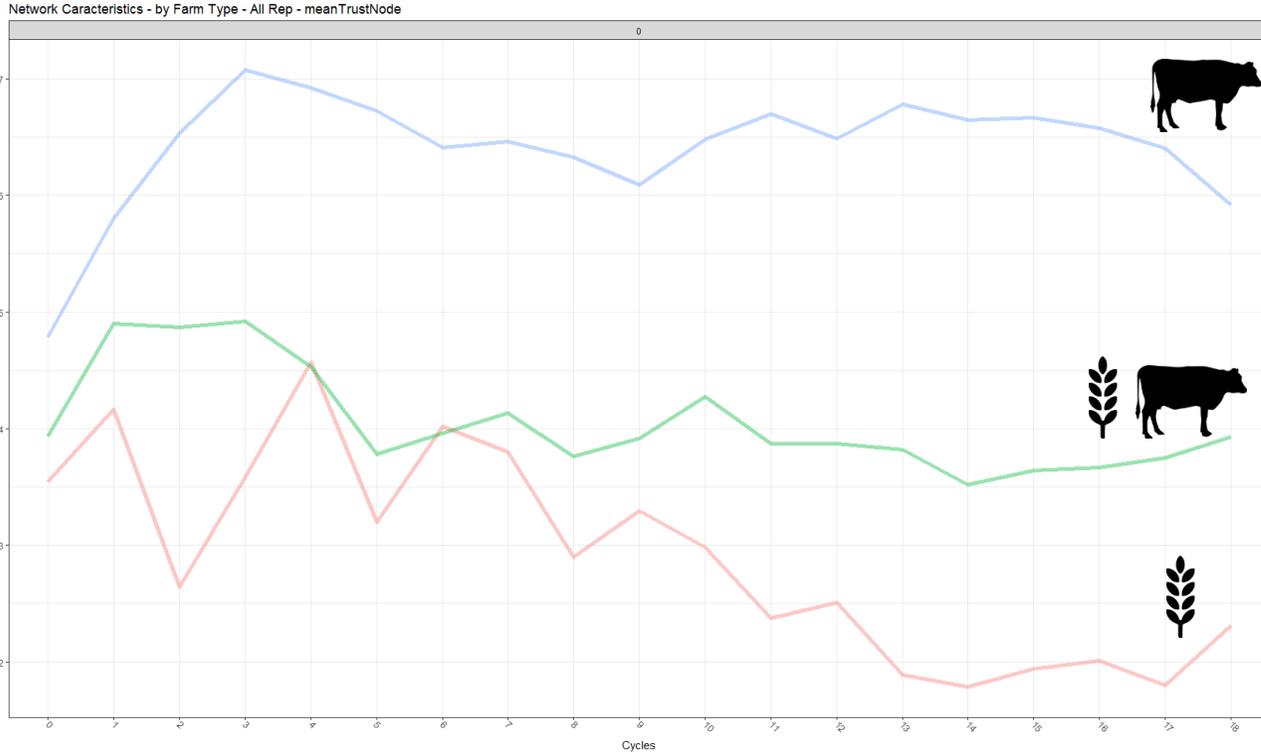
Distribution of Local Autonomy by farm type
Rep 0 - Cycle 18

300 agents sur 18 cycles



Confiance moyenne envers les autres partenaires – Par type de ferme

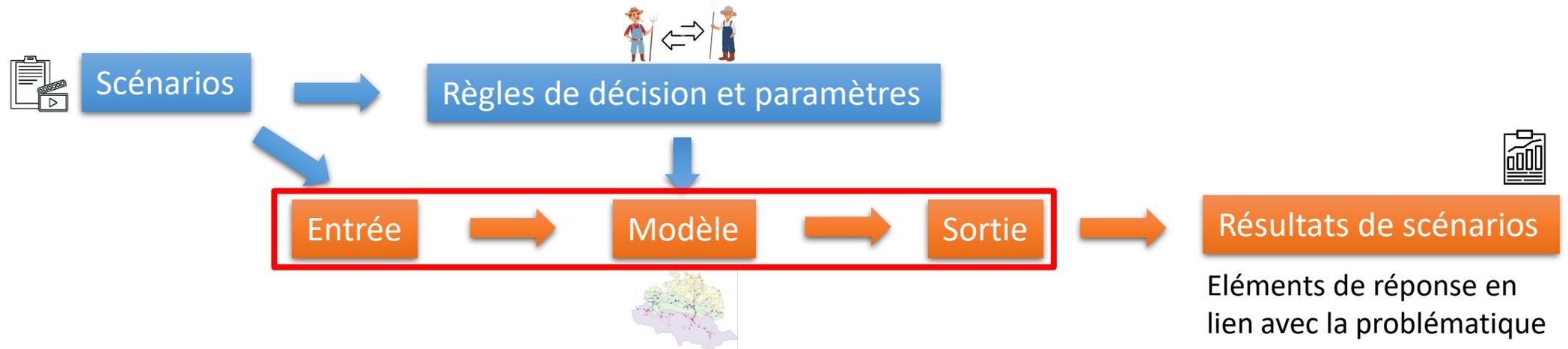
300 agents sur 18 cycles



Conclusion

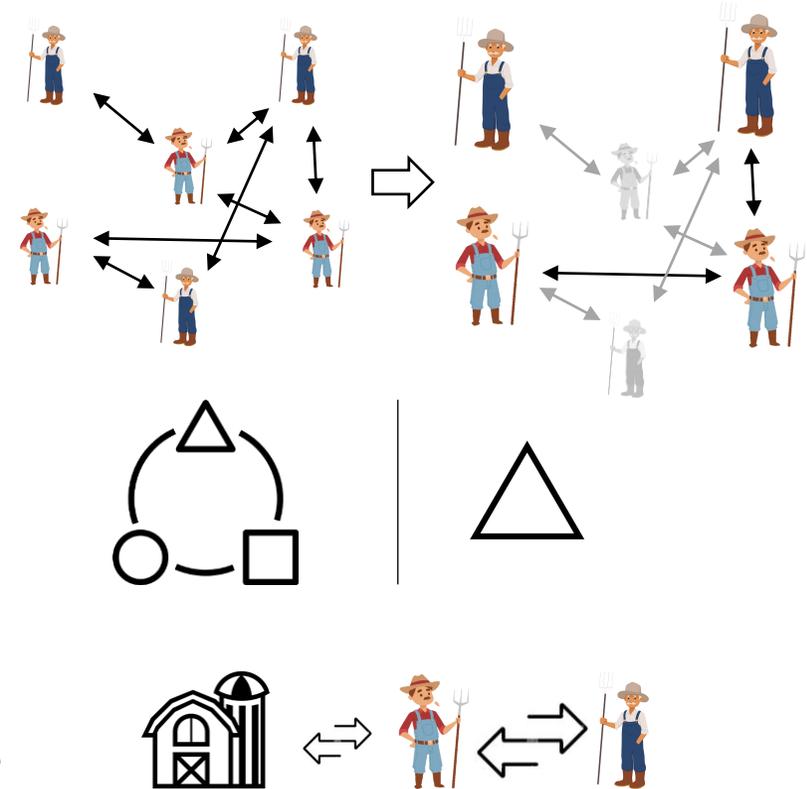
- ❖ Définition des règles de décisions (RDD) pour les interactions (e.g. calcul de score)
- ❖ Implémentation des RDD dans un modèle multi-agents
 - ❖ Prise en compte des décisions indépendantes
 - ❖ Mise en jeu des distances parcourues et de confiance entre les agriculteurs
 - ❖ Vérification des mécanismes implémentés
- ❖ Détermination du nombre d'agents à générer et de cycles à simuler pour atteindre un état stable
- ❖ Validation des sorties du modèle en cohérence avec la situation Ariège

Perspectives – Application de scénarios



Scénarios envisagés

- ❖ Changement de la disponibilité en ressources (variations climatiques)
 - ❖ Rendements variables aléatoires
- ❖ Suivi de la tendance de la diminution du nombre d'exploitations et augmentation des surfaces par type d'exploitation
- ❖ Changement des pratiques (Diversification/Simplification des cultures, changement du système d'élevage)
 - ❖ Différenciation des pratiques différenciées par type d'agri
- ❖ Changement des stratégies individuelles
 - ❖ Faire varier la préférence (par type d'agris) des échanges agris vs coopérative



Bibliographie

Agreste, 2020. Recensement Agricole 2020-2010, Nombre d'exploitations, SAU, ETP, et PBS, par taille économique et par orientation.

Ajzen I (1991) The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 50:179–211.

[https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)

Gale D, Shapley LS (1962) College Admissions and the Stability of Marriage. *The American Mathematical Monthly* 69:9–15.

<https://doi.org/10.2307/2312726>

Martin G, Moraine M, Ryschawy J, et al (2016) Crop–livestock integration beyond the farm level: a review. *Agron Sustain Dev* 36:53.

<https://doi.org/10.1007/s13593-016-0390-x>

Noeldeke B, Winter E, Ntawuhiganayo EB (2022) Representing human decision-making in agent-based simulation models: Agroforestry adoption in rural Rwanda. *Ecological Economics* 200:107529. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107529>

Reuillon R, Leclaire M, Rey-Coyrehourcq S (2013) OpenMOLE, a workflow engine specifically tailored for the distributed exploration of simulation models. *Future Generation Computer Systems* 29:1981–1990. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.05.003>

Rufino MC, Hengsdijk H, Verhagen A (2009) Analysing integration and diversity in agro-ecosystems by using indicators of network analysis. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 84:229–247. <https://doi.org/10.1007/s10705-008-9239-2>

Schut AGT, Cooledge EC, Moraine M, et al (2021) Reintegration of crop-livestock systems in Europe: an overview. *Front Agr Sci Eng* 8:111. <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2020373>

Merci de votre attention!



Travail financé par le programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne, dans le cadre de la convention de la subvention n° 862357

