

Logistique collaborative en circuits alimentaires de proximité - aspects éthiques

Nicolas Besson

Sylvain Bouveret, Nadia Brauner, Nicolas Brulard

GSCOP

Janvier 2026



Personnes impliquées dans la thèse

- Nicolas Besson: doctorant à l'Université Grenoble Alpes
- Nadia Brauner: Professeure en RO à l'UGA
- Sylvain Bouveret: Professeur en choix social computationnel à l'UGA
- Nicolas Brulard: Agroéconomiste

Quelques mots clés

- Théorie des jeux coopératifs
- Circuits alimentaires de proximité
- Optimisation et aide à la décision
- Équité

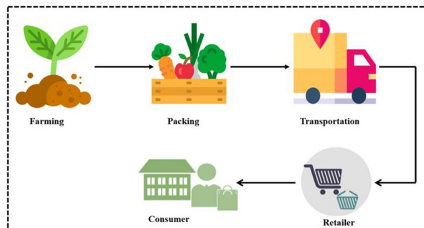
63-saveurs

Association d'environ 30 producteurs au Puy-de-dôme, en France. Ils **partagent** un véhicule pour gérer conjointement la collecte et livraison de commandes de clients qu'il peuvent (ou pas) avoir en commun.



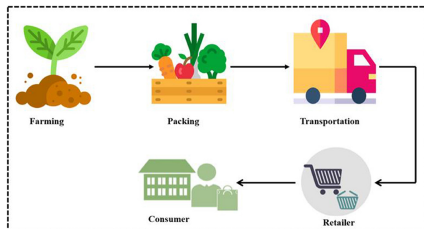
Logistique collaborative

- **Logistique** : Ensemble de processus permettant à un produit d'atteindre le consommateur final.
- **Coopération** : effort collectif pour atteindre un objectif commun.



Logistique collaborative

- **Logistique** : Ensemble de processus permettant à un produit d'atteindre le consommateur final.
- **Coopération** : effort collectif pour atteindre un objectif commun.



Pourquoi coopérer ?

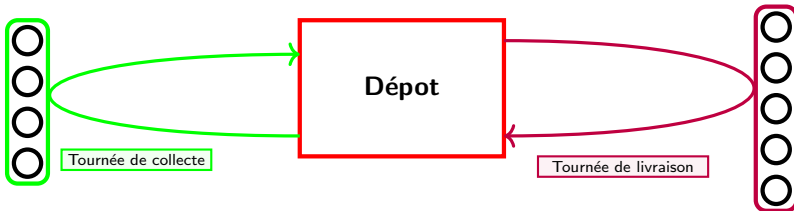
La logistique représente un **coût élevé** (en temps, en équipement, en argent...) aux agriculteurs (Laudier, 2017).

Problème de logistique collaborative de 63-saveurs

Jour 1: collecte chez les fermiers



Jour 2: livraison chez les clients



Comment les prix de transports sont-ils compensés ?

Chaque producteur paye 22% du prix total des commandes reçues à une date donnée.

Discussions avec la responsable logistique de 63-saveurs

Ces discussions nous ont permis de:

- Comprendre le fonctionnement de l'association
- Comprendre le ressenti global des membres

Discussions avec la responsable logistique de 63-saveurs

Ces discussions nous ont permis de:

- Comprendre le fonctionnement de l'association
- Comprendre le ressenti global des membres

Ce qu'on a retenu

- Sentiment de payer trop cher par rapport à s'ils quittaient l'association
- Au moment d'intégrer un nouvel adhérent: crainte qu'il coût trop cher à la structure

Discussions avec la responsable logistique de 63-saveurs

Ces discussions nous ont permis de:

- Comprendre le fonctionnement de l'association
- Comprendre le ressenti global des membres

Ce qu'on a retenu

- Sentiment de payer trop cher par rapport à s'ils quittaient l'association
- Au moment d'intégrer un nouvel adhérent: crainte qu'il coût trop cher à la structure
- Est-il toujours possible de répondre aux inquiétudes des producteurs de 63-saveurs ?
- La philosophie morale, peut-elle nous aider ?

Il s'agit d'un problème à l'interface entre **l'optimisation** et de **la théorie des jeux coopératifs**.

Théorie des jeux coopératifs

Branche des mathématiques étudiant la coopération entre plusieurs agents (appelés **joueurs**), pouvant faire des accords afin d'atteindre un but commun ([Shapley, 1953](#)). Celle-ci étudie:

- Des **critères d'équité** sur les répartitions de coûts (ou gains)
- Des **méthodes computationnelles** pour les atteindre

Un modèle de théorie des jeux

Un jeu à **fonction caractéristique** est défini par un **ensemble de joueurs** $\mathcal{N}$ et une **fonction de coût** c .

Un modèle de théorie des jeux

Un jeu à **fonction caractéristique** est défini par un **ensemble de joueurs** $\mathcal{N}$ et une **fonction de coût** c .

Par exemple, supposons qu'Alice, Barbara et Charles peuvent partager un taxi pour rentrer chez eux.



Exemple (partage de taxi)

Ensemble de joueurs: $\mathcal{N} = \{\text{Alice, Barbara, Charles}\}$

Fonction de coût:

$c(\{\text{Alice}\})$	$= 10\text{€}$
$c(\{\text{Barbara}\})$	$= 30\text{€}$
$c(\{\text{Charles}\})$	$= 25\text{€}$
$c(\{\text{Alice, Barbara}\})$	$= 35\text{€}$
$c(\{\text{Alice, Charles}\})$	$= 27.5\text{€}$
$c(\{\text{Barbara, Charles}\})$	$= 42\text{€}$
$c(\{\text{Alice, Barbara, Charles}\})$	$= 50\text{€}$

Pour chaque **coalition** possible, la fonction de coût donne la valeur du trajet de taxi (en euros) pour ramener **tous** les membres de la coalition.

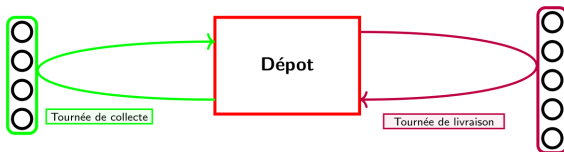
Un modèle de théorie des jeux: problème de 63-saveurs

Modèle

- $\mathcal{N}$: ensemble de tous les adhérents de l'association.
- $c(S) \rightarrow$ coût de collecte et livraison des commandes faites **uniquement** à la coalition S

Jour 1: collecte chez les fermiers

Jour 2: livraison chez les clients



Problème d'allocation de coût

Étant donné un ensemble de joueurs $\mathcal{N}$ et une fonction de coût c , l'objectif est de construire un **vecteur d'allocation** x (Tijds and Driessen, 1986)

Problème d'allocation de coût

Étant donnés un ensemble de joueurs $\mathcal{N}$ et une fonction de coût c , l'objectif est de construire un **vecteur d'allocation** x (Tijds and Driessen, 1986)

Dans l'exemple du partage de taxi, on propose le vecteur d'allocation x tel que:

$$x_{Alice} = 5 \quad x_{Barbara} = 25 \quad x_{Charles} = 20$$

où x_i est le coût que le joueur i **doit payer**.

Problème d'allocation de coût

Étant donnés un ensemble de joueurs $\mathcal{N}$ et une fonction de coût c , l'objectif est de construire un **vecteur d'allocation** x (Tijs and Driessen, 1986)

Dans l'exemple du partage de taxi, on propose le vecteur d'allocation x tel que:

$$x_{Alice} = 5 \quad x_{Barbara} = 25 \quad x_{Charles} = 20$$

où x_i est le coût que le joueur i **doit payer**.

Équité

Un vecteur d'allocation devrait être équitable afin que tout le monde ait un intérêt à coopérer.

Rappel: ressenti des adhérents de 63-saveurs

- Sentiment de payer trop cher par rapport à s'ils quittaient l'association
- Au moment d'intégrer un nouveau adhérent: crainte que son adhésion ne soit pas rentable

Rappel: ressenti des adhérents de 63-saveurs

- Sentiment de payer trop cher par rapport à s'ils quittaient l'association
- Au moment d'intégrer un nouveau adhérent: crainte que son adhésion ne soit pas rentable

Nous allons supposer que répondre aux inquiétudes des agriculteurs = équité

Qu'est-ce que ça veut dire en termes de théorie de jeux ?

$c(\{Alice\})$ = coût si Alice prenait un taxi toute seule	=10€
$c(\{Barbara\})$	=30€
$c(\{Charles\})$	=25€
$c(\{Alice, Barbara\})$	=35€
$c(\{Alice, Charles\})$	=27.5€
$c(\{Barbara, Charles\})$	=42€
$c(\{Alice, Barbara, Charles\})$	=50€

$c(\{Alice\})$ = coût si Alice prenait un taxi toute seule	=10€
$c(\{Barbara\})$	=30€
$c(\{Charles\})$	=25€
$c(\{Alice, Barbara\})$	=35€
$c(\{Alice, Charles\})$	=27.5€
$c(\{Barbara, Charles\})$	=42€
$c(\{Alice, Barbara, Charles\})$	=50€

- Supposons que A, B et C décident de partager le taxi
- Le coût final est de 50 €
- Il faut maintenant répartir le coût final !

$c(\{Alice\})$ = coût si Alice prenait un taxi toute seule	=10€
$c(\{Barbara\})$	=30€
$c(\{Charles\})$	=25€
$c(\{Alice, Barbara\})$	=35€
$c(\{Alice, Charles\})$	=27.5€
$c(\{Barbara, Charles\})$	=42€
$c(\{Alice, Barbara, Charles\})$	=50€

- Supposons que A, B et C décident de partager le taxi
- Le coût final est de 50 €
- Il faut maintenant répartir le coût final !

Que pensez-vous du vecteur d'allocation x tel que:

$$x_{Alice} = 16.66... \quad x_{Barbara} = 16.66... \quad x_{Charles} = 16.66...$$

Rationalité individuelle

$c(\{Alice\})$	$=10\text{€}$
$c(\{Barbara\})$	$=30\text{€}$
$c(\{Charles\})$	$=25\text{€}$
$c(\{Alice, Barbara\})$	$=35\text{€}$
$c(\{Alice, Charles\})$	$=27.5\text{€}$
$c(\{Barbara, Charles\})$	$=42\text{€}$
$c(\{Alice, Barbara, Charles\})$	$=50\text{€}$

$$x_{Alice} = 16.66 \quad x_{Barbara} = 16.66 \quad x_{Charles} = 16.66$$

Rationalité individuelle

$c(\{Alice\})$	$=10\text{€}$
$c(\{Barbara\})$	$=30\text{€}$
$c(\{Charles\})$	$=25\text{€}$
$c(\{Alice, Barbara\})$	$=35\text{€}$
$c(\{Alice, Charles\})$	$=27.5\text{€}$
$c(\{Barbara, Charles\})$	$=42\text{€}$
$c(\{Alice, Barbara, Charles\})$	$=50\text{€}$

$$x_{Alice} = 16.66 \quad x_{Barbara} = 16.66 \quad x_{Charles} = 16.66$$

Alice paye trop cher !

$c(\{Alice\})$	$=10\text{€}$
$c(\{Barbara\})$	$=30\text{€}$
$c(\{Charles\})$	$=25\text{€}$
$c(\{Alice, Barbara\})$	$=35\text{€}$
$c(\{Alice, Charles\})$	$=27.5\text{€}$
$c(\{Barbara, Charles\})$	$=42\text{€}$
$c(\{Alice, Barbara, Charles\})$	$=50\text{€}$

$$x_{Alice} = 16.66 \quad x_{Barbara} = 16.66 \quad x_{Charles} = 16.66$$

Alice paye trop cher !

Rationalité individuelle : un joueur est “individuellement rationnel” s’il paye moins que ce qu’il aurait dû payer s’il ne coopérait pas.

Coût marginal

$c(\{Alice\})$	$=10\text{€}$
$c(\{Barbara\})$	$=30\text{€}$
$c(\{Charles\})$	$=25\text{€}$
$c(\{Alice, Barbara\})$	$=35\text{€}$
$c(\{Alice, Charles\})$	$=27.5\text{€}$
$c(\{Barbara, Charles\})$	$=42\text{€}$
$c(\{Alice, Barbara, Charles\})$	$=50\text{€}$

$$x_{Alice} = 5 \quad x_{Barbara} = 25 \quad x_{Charles} = 20$$

Et maintenant ? Tout le monde est content...

Coût marginal

$c(\{Alice\})$	$=10\text{€}$
$c(\{Barbara\})$	$=30\text{€}$
$c(\{Charles\})$	$=25\text{€}$
$c(\{Alice, Barbara\})$	$=35\text{€}$
$c(\{Alice, Charles\})$	$=27.5\text{€}$
$c(\{Barbara, Charles\})$	$=42\text{€}$
$c(\{Alice, Barbara, Charles\})$	$=50\text{€}$

$$x_{Alice} = 5 \quad x_{Barbara} = 25 \quad x_{Charles} = 20$$

Et maintenant ? Tout le monde est content...

- Remarquez que Charles et Barbara payent 45 €

Coût marginal

$c(\{Alice\})$	$=10\text{€}$
$c(\{Barbara\})$	$=30\text{€}$
$c(\{Charles\})$	$=25\text{€}$
$c(\{Alice, Barbara\})$	$=35\text{€}$
$c(\{Alice, Charles\})$	$=27.5\text{€}$
$c(\{Barbara, Charles\})$	$=42\text{€}$
$c(\{Alice, Barbara, Charles\})$	$=50\text{€}$

$$x_{Alice} = 5 \quad x_{Barbara} = 25 \quad x_{Charles} = 20$$

Et maintenant ? Tout le monde est content...

- Remarquez que Charles et Barbara payent 45 €
- Si Charles et Barbara “excluaient” Alice, leur coût total serait de 42 €

Coût marginal

$c(\{Alice\})$	$=10\text{€}$
$c(\{Barbara\})$	$=30\text{€}$
$c(\{Charles\})$	$=25\text{€}$
$c(\{Alice, Barbara\})$	$=35\text{€}$
$c(\{Alice, Charles\})$	$=27.5\text{€}$
$c(\{Barbara, Charles\})$	$=42\text{€}$
$c(\{Alice, Barbara, Charles\})$	$=50\text{€}$

$$x_{Alice} = 5 \quad x_{Barbara} = 25 \quad x_{Charles} = 20$$

Et maintenant ? Tout le monde est content...

- Remarquez que Charles et Barbara payent 45 €
- Si Charles et Barbara “excluaient” Alice, leur coût total serait de 42 €
- Autrement dit, Alice ne compense pas son **coût marginal** (= le coût de l'ajouter au groupe)

Qu'est-ce qu'une répartition équitable ?

Nous allons considérer qu'un vecteur d'allocation x est **équitable** si:

- Tous les producteurs sont **individuellement rationnels**

Qu'est-ce qu'une répartition équitable ?

Nous allons considérer qu'un vecteur d'allocation x est **équitable** si:

- Tous les producteurs sont **individuellement rationnels**
- Tous les producteurs compensent leur **coût marginal**

Qu'est-ce qu'une répartition équitable ?

Nous allons considérer qu'un vecteur d'allocation x est **équitable** si:

- Tous les producteurs sont **individuellement rationnels**
- Tous les producteurs compensent leur **coût marginal**

Or in math:

$$\begin{aligned}\forall i \in \mathcal{N}, \quad & x_i \leq c(\{i\}) \\ \forall i \in \mathcal{N}, \quad & x_i \geq c(\mathcal{N}) - c(\mathcal{N} \setminus \{i\}) \\ & \sum_{i \in \mathcal{N}} x_i = c(\mathcal{N})\end{aligned}$$

Qu'est-ce qu'une répartition équitable ?

Rappel: ressenti des producteurs de 63-saveurs

- Sentiment de payer trop cher par rapport à s'ils quittaient l'association (**rationalité individuelle**)
- Au moment d'intégrer un nouveau adhérent: crainte que son adhésion ne soit pas rentable (**compensation du coût marginal**)

- **Communication** : avons nous bien compris l'experte en logistique ?
A-t-elle bien compris les agriculteurs ?

- **Communication** : avons nous bien compris l'experte en logistique ?
A-t-elle bien compris les agriculteurs ?
- **Sociologie, psychologie, choix social** pour comprendre la volonté d'un individu et d'un collectif ?

- **Communication** : avons nous bien compris l'experte en logistique ?
A-t-elle bien compris les agriculteurs ?
- **Sociologie, psychologie, choix social** pour comprendre la volonté d'un individu et d'un collectif ?
- Ce que les agriculteurs **veulent** = ce qu'**il faut** faire ?

- **Communication** : avons nous bien compris l'experte en logistique ?
A-t-elle bien compris les agriculteurs ?
- **Sociologie, psychologie, choix social** pour comprendre la volonté d'un individu et d'un collectif ?
- Ce que les agriculteurs **veulent** = ce qu'**il faut** faire ?
- **Philosophie** pour définir l'équité ?

- **Communication** : avons nous bien compris l'experte en logistique ?
A-t-elle bien compris les agriculteurs ?
- **Sociologie, psychologie, choix social** pour comprendre la volonté d'un individu et d'un collectif ?
- Ce que les agriculteurs **veulent** = ce qu'**il faut** faire ?
- **Philosophie** pour définir l'équité ?

Supposons que nous avons bien compris les agriculteurs, et que nous avons bien défini l'équité.



Théorème (Besson et al., 2024)

Il existe des instances du problème de 63-saveurs où il est **mathématiquement impossible** de construire une allocation de coûts où tous les agriculteurs sont individuellement rationnels ET compensent leur coût marginal.

Théorème (Besson et al., 2024)

Il existe des instances du problème de 63-saveurs où il est **mathématiquement impossible** de construire une allocation de coûts où tous les agriculteurs sont individuellement rationnels ET compensent leur coût marginal.

Autrement dit, il y a des situations où l'équité, telle qu'on l'a définie, est impossible...

Situations qui créent des dilemmes: équité impossible

Puisque l'équité est impossible, peu importe comment on répartit les coûts, il y aura toujours des agriculteurs moins favorisés. Que faire ?

Opposition de visions de l'éthique

Utilitarisme (Bentham, 1780)

Prioriser **la stabilité globale**:

- Cacher toute information qui pourrait créer de l'instabilité dans l'association
- Pas de possibilité de négociation. L'algorithme a le dernier mot

Déontologisme (Kant, 1785)

Cacher des informations → les fermiers seraient des moyens, pas des fins:

Opposition de visions de l'éthique

Utilitarisme (Bentham, 1780)

Prioriser **la stabilité globale**:

- Cacher toute information qui pourrait créer de l'instabilité dans l'association
- Pas de possibilité de négociation. L'algorithme a le dernier mot

Déontologisme (Kant, 1785)

Cacher des informations → les fermiers seraient des moyens, pas des fins:

- Être complètement **transparent** avec les fermiers.

Opposition de visions de l'éthique

Utilitarisme (Bentham, 1780)

Prioriser **la stabilité globale**:

- Cacher toute information qui pourrait créer de l'instabilité dans l'association
- Pas de possibilité de négociation. L'algorithme a le dernier mot

Déontologisme (Kant, 1785)

Cacher des informations → les fermiers seraient des moyens, pas des fins:

- Être complètement **transparent** avec les fermiers.
- Permettre aux agriculteurs de rester **autonomes**, de pouvoir **négocier**
- Impératif catégorique → 'thou shalt not lie, even by omission'

Autres voies

- Inciter les producteurs à décider **comme s'ils** ne savaient pas quelle place ils allaient avoir dans la coalition, tout en sachant qu'ils pourraient être **moins favorisés**. → **voile d'ignorance** (Rawls, 1971)

Autres voies

- Inciter les producteurs à décider **comme s'ils** ne savaient pas quelle place ils allaient avoir dans la coalition, tout en sachant qu'ils pourraient être **moins favorisés**. → **voile d'ignorance** (Rawls, 1971)
- Redéfinir l'équité

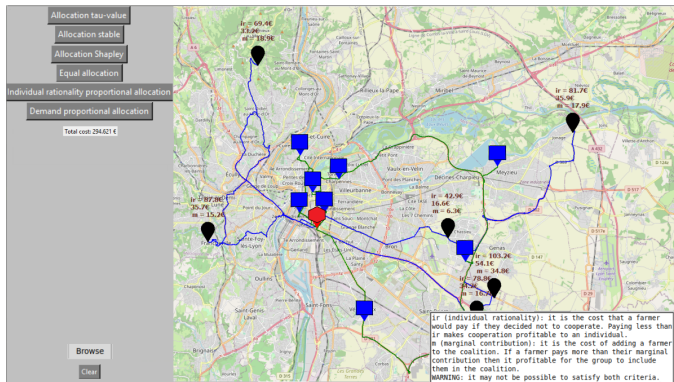
Autres voies

- Inciter les producteurs à décider **comme s'ils** ne savaient pas quelle place ils allaient avoir dans la coalition, tout en sachant qu'ils pourraient être **moins favorisés**. → **voile d'ignorance** (Rawls, 1971)
- Redéfinir l'équité
- Autres théories éthiques ?

Autres voies

- Inciter les producteurs à décider **comme s'ils** ne savaient pas quelle place ils allaient avoir dans la coalition, tout en sachant qu'ils pourraient être **moins favorisés**. → **voile d'ignorance** (Rawls, 1971)
- Redéfinir l'équité
- Autres théories éthiques ?
- Demander un financement au gouvernement pour permettre l'équité ?
→ Cost of Stability (Bachrach et al., 2009)

Conclusion



- Y. Bachrach, E. Elkind, R. Meir, D. Pasechnik, M. Zuckerman, J. Rothe, and J. S. Rosenschein. The cost of stability in coalitional games. In *Algorithmic Game Theory*, pages 122–134, Berlin, Heidelberg, 2009. Springer. ISBN 978-3-642-04645-2.
- J. Bentham. *An introduction to the principles of morals and legislation / by Jeremy Bentham ; with an introd. by Laurence J. Lafleur,...* Hafner library of classics. Haffner Press, New York, [reprinted] edition, 1780. ISBN 0-02-841200-1.
- N. Besson, S. Bouveret, N. Brauner, and N. Brulard. Traveling salesman games: semicore allocations for collaborative transportation in short food supply chains. *Research Square*, 03 2024. doi: 10.21203/rs.3.rs-4164447/v1. URL <https://www.researchsquare.com/article/rs-4164447/v1>.
- I. -. A. d. t. Kant. *Fondements de la métaphysique des moeurs / E. Kant ; traduction nouvelle, avec une introduction et des notes, par H. Lachelier,...* Hachette (Paris), 1785.
- M.-C. Laudier. Mutualiser le transport des produits, une bonne idée pour les petits paysans, 2017. URL <https://reporterre.net/Mutualiser-le-transport-des-produits-une-bonne-idee-pour-les>

- J. Rawls. *A theory of justice / John Rawls*. The Belknap Press Harvard University Press, Cambridge (Mass.), original edition edition, 1971. ISBN 0-674-01772-2.
- L. Shapley. A value for n-person games. *Contributions to the Theory of Games*, 2:307–317, 1953. doi:
<https://doi.org/10.1515/9781400881970-018>.
- S. H. Tijs and T. S. H. Driessen. Game theory and cost allocation problems. *Management science*, 32(8):1015–1028, 1986. ISSN 0025-1909.