

Rhône-Alpes ^{Région}



Conception de circuits courts de proximité pour la distribution de produits agricoles frais

Maxime OGIER, Van-Dat CUNG

Laboratoire G-SCOP

CNRS UMR 5272/Grenoble INP/UJF

Grenoble, FRANCE

{maxime.ogier, van-dat.cung}@grenoble-inp.fr

Julien BOISSIERE

LISTIC

Université de Savoie

Annecy, FRANCE

julien.boissiere@univ-savoie.fr





Contexte

- Difficultés économiques des agriculteurs français
 - Des revenus (volume * prix - charges) insuffisants
 - Sur certains territoires :
 - Offre
 - Des producteurs de taille « moyenne »
 - Diversité des produits
 - Qualité des produits
 - Demande
 - Bassins de consommation importants
 - Traçabilité des produits
- Mise en relation de l'offre et de la demande





Définitions

- Circuit **court** :
 - Commercialisation des produits agricoles en :
 - Vente **directe**
 - Vente **indirecte** avec **un seul intermédiaire**
- Circuit de **proximité** :
 - Ensemble des acteurs localisés sur un **territoire réduit**
 - Possibilité d'avoir **plus de un intermédiaire**
- But : Améliorer la captation de valeur au bénéfice de la production
- Nombreux projets au niveau départemental, régional et national

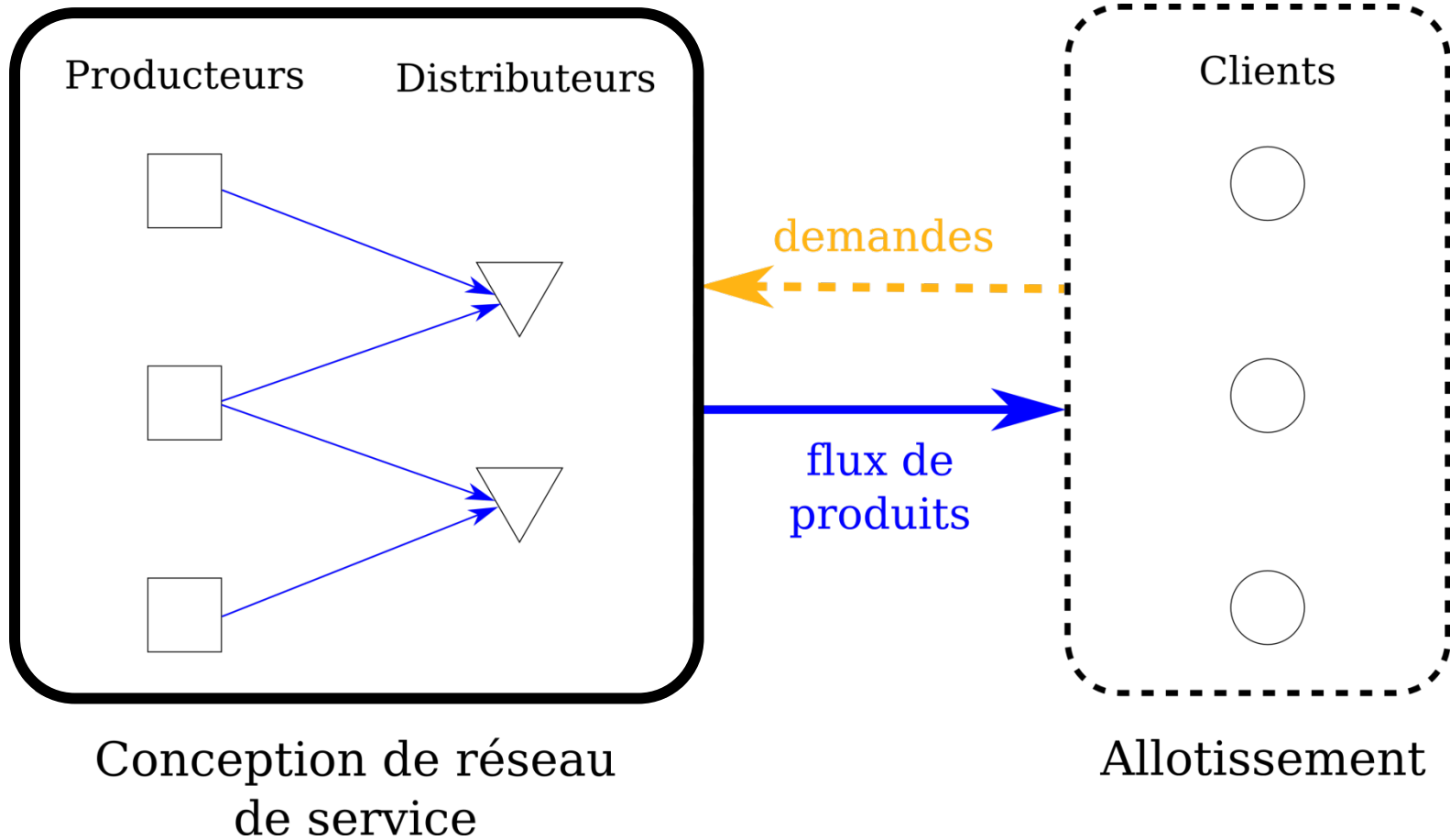
Proximité
relationnelle

Proximité
spatiale





Etude de deux problèmes





Plan

- Problème de conception de réseau de service
 1. Modélisation
 2. Formulation en Programme Linéaire Mixte
 3. Méthodes de résolution
 4. Etude de cas : fruits et légumes en Isère



Problème de conception de réseau de service

- La distribution n'est pas le cœur de métier des producteurs
- Il faut pouvoir être compétitif par rapport aux circuits longs (sur le prix de vente final)
- Conception d'un réseau de distribution de produits agricoles frais
 - Décisions au niveau stratégique-tactique sur :
 - Ouverture de plateforme parmi un ensemble donné
 - Ouverture de « service »
 - Flux des produits
 - Prise en compte des particularités du problème
 - **Saisonnalité** des produits
 - **Pas de stockage**
 - Nombre maximal de **transbordements**





Les acteurs

Producteurs

f_1

f_2

f_3

Localisation par communes
Offres

Liste de produits

- Quantité hebdomadaire
- Prix de vente
- Saisonnalité

	Sep	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin
Pomme										
Salade										
Courgette										
Kiwi										

Exemple de saisonnalité pour 4 produits



Les acteurs

Producteurs

f_1

f_2

f_3

Localisation par communes

Demandes:

Liste de produits

- Quantité hebdomadaire

Clients

c_1

c_2

c_3

c_4

c_5

Remarque : il est possible que l'offre et la demande ne correspondent pas
→ Possibilité de non satisfaction avec coûts de pénalité

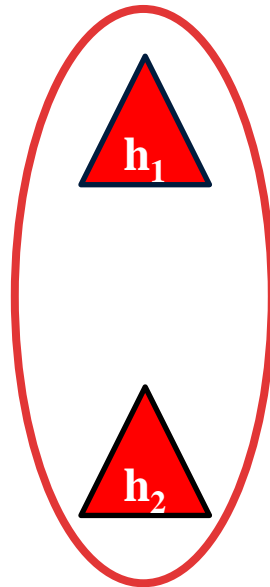


Les acteurs

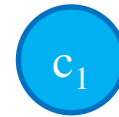
Producteurs



Plateformes



Clients



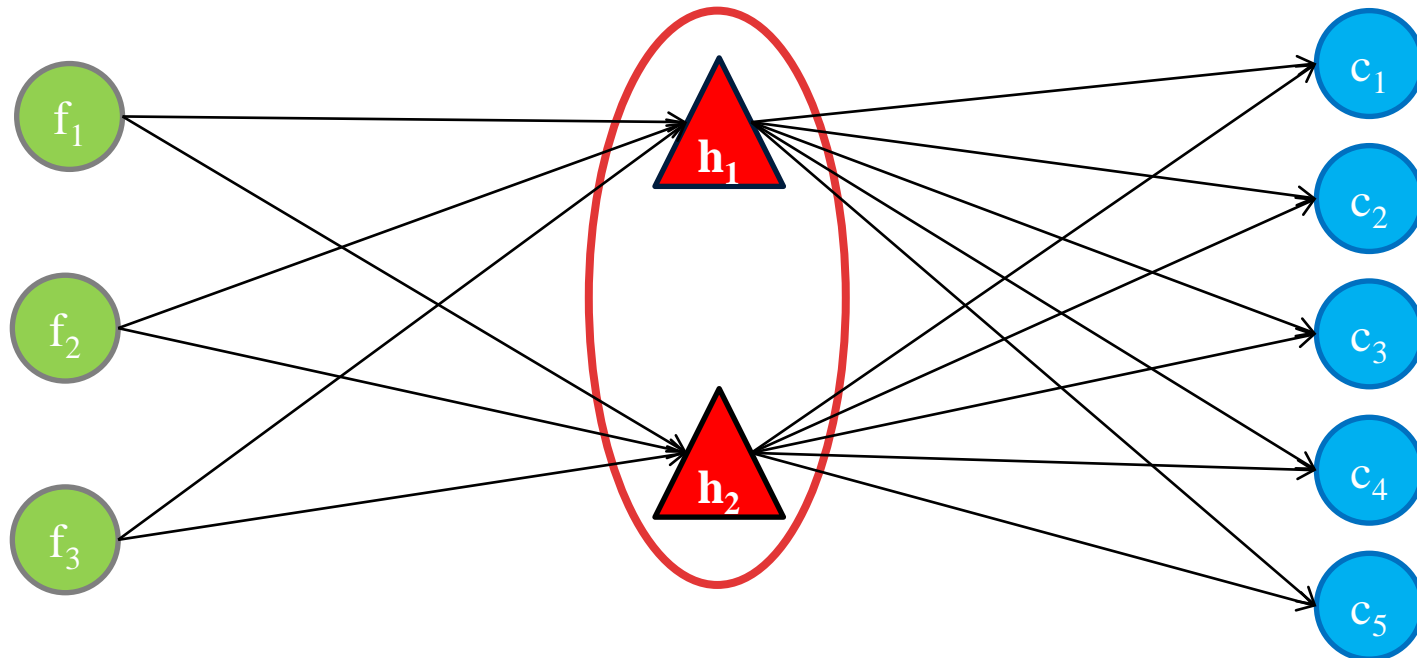


Problème stratégique

Producteurs

Plateformes

Clients



Déterminer les plateformes à ouvrir parmi une liste de sites potentiels

➔ **Problème de localisation (sans coûts d'ouvertures)**

- K-median problem (NP-difficile [Megiddo and Supowit, 1984])

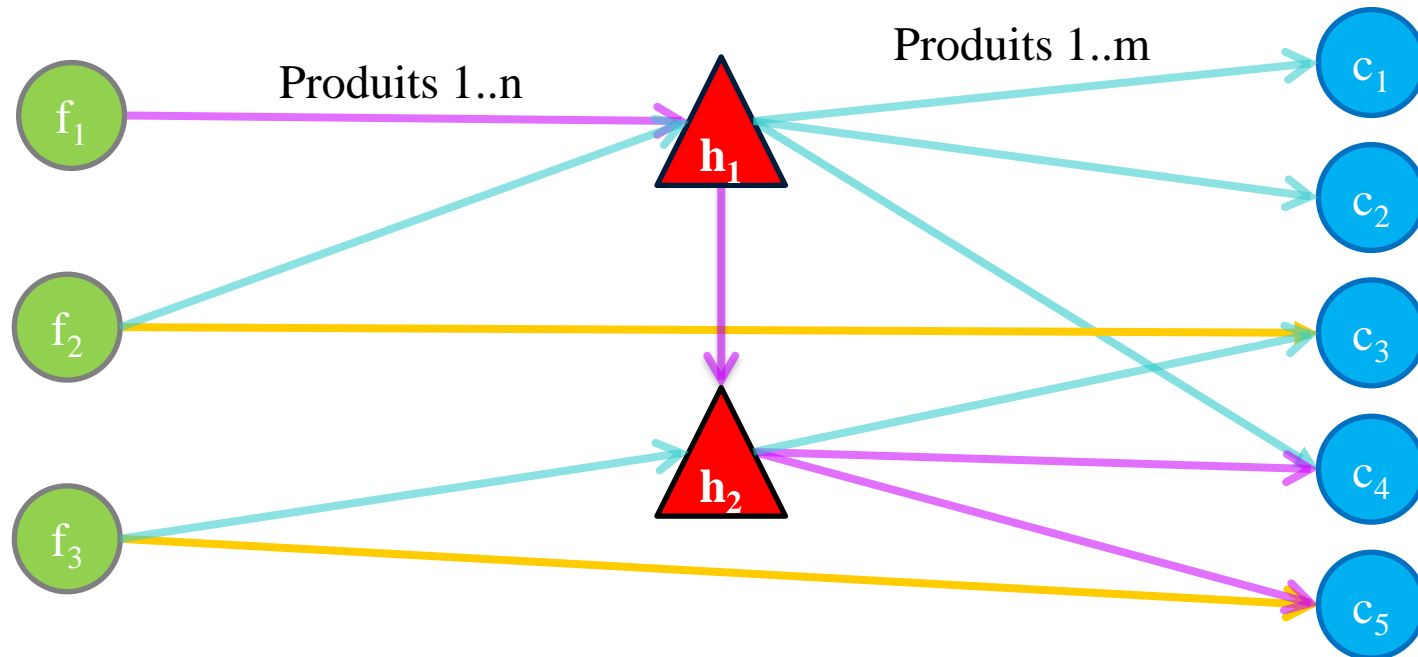


Problème tactique

Producteurs

Plateformes

Clients



Livraisons directes

Livraisons via une plateforme

Livraisons via deux plateformes avec deux transbordements
maximal

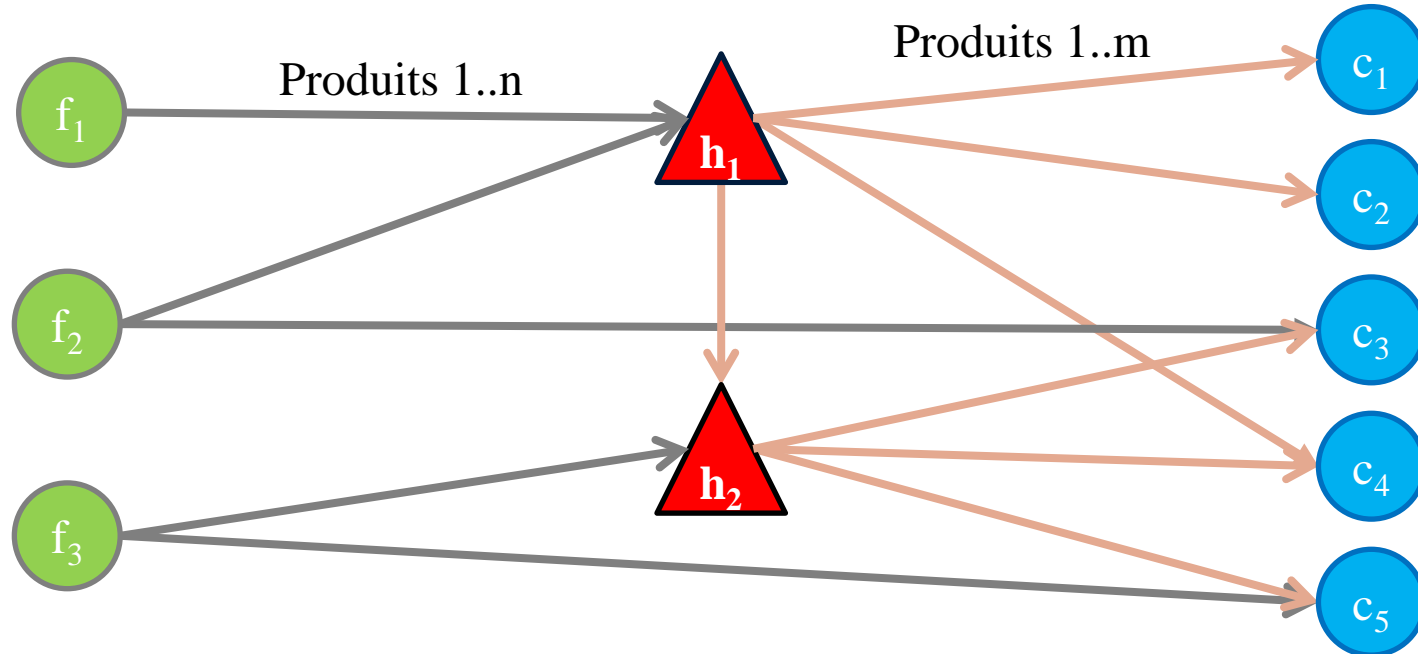


Problème tactique

Producteurs

Plateformes

Clients



Coûts fixes purs (par rapport à la quantité)

Coûts fixes + linéaires (incluant les coûts d'exploitation)

→ **Problème de transport avec coût fixe (multi-produits)**
(NP-difficile [Guisewite and Pardalos, 1990])



Formulation en Programme Linéaire Mixte

$$\text{Min} \sum_{t \in T} N_t \cdot \left(\sum_{f \in F, i \in C \cup H} C_{fi} \cdot y_{fit} + \sum_{h \in H, c \in C} C_{hc} \cdot y_{hct} + \sum_{h \in H, i \in C \cup H, p \in P} c_{hi} \cdot x_{hit}^p + \sum_{c \in C, p \in P} l_{ct}^p \cdot z_{ct}^p \right) \quad (1)$$

S.C.

$$\sum_{h \in H} y_h \leq H^{\max} \quad \text{Nombre maximal de plateformes ouvertes} \quad (2)$$

$$\sum_{i \in C \cup H} x_{fit}^p \leq O_{ft}^p \quad \forall f \in F, p \in P, t \in T \quad (3)$$

$$x_{fit}^p \leq O_{ft}^p \cdot y_{fit} \quad \forall f \in F, i \in C \cup H, p \in P, t \in T \quad (4)$$

$$x_{hct}^p \leq D_{ct}^p \cdot y_{hct} \quad \forall h \in H, c \in C, p \in P, t \in T \quad (5)$$

$$\sum_{j \in F \cup H} x_{jct}^p + z_{ct}^p = D_{ct}^p \quad \forall c \in C, p \in P, t \in T \quad (6)$$

$$\sum_{j \in F \cup H} x_{jht}^p = \sum_{i \in C \cup H} x_{hit}^p \quad \forall h \in H, p \in P, t \in T \quad (7)$$

$$x_{fht}^p \leq O_{ft}^p \cdot y_h \quad \forall f \in F, h \in H, p \in P, t \in T \quad (8)$$

$$x_{hh't}^p \leq \min \left\{ \sum_{f \in F} O_{ft}^p; \sum_{c \in C} D_{ct}^p \right\} \cdot y_h \quad \forall h, h' \in H, p \in P, t \in T \quad (9)$$

$$\sum_{h' \in H} x_{h'ht}^p \leq \sum_{c \in C} x_{hct}^p \quad \forall h \in H, p \in P, t \in T \quad (10)$$

$$\sum_{h' \in H} x_{hh't}^p \leq \sum_{f \in F} x_{fht}^p \quad \forall h \in H, p \in P, t \in T \quad (11)$$

$$y_h, y_{fht}, y_{fct}, y_{hct} \in \{0; 1\} \quad \forall f \in F, h \in H, c \in C, t \in T \quad (12)$$

$$x_{fct}^p, x_{fht}^p, x_{hh't}^p, x_{hct}^p, z_{ct}^p \geq 0 \quad \forall f \in F, h, h' \in H, c \in C, p \in P, t \in T \quad (13)$$

Minimisation :

- Coûts fixes de transport pour les producteurs

- Coûts linéaires et fixes depuis les plateformes

- Coûts de ventes perdues

Contraintes de flux

Contraintes liantes sur l'ouverture de service

Contraintes liantes sur l'ouverture de plateforme

Contraintes de transbordement maximal



Résolution du problème

- Algorithme de Branch & Cut
 - Logiciel commercial CPLEX 12.2
 - Sur des instances de grande taille
 - Temps de calcul important
 - Espace mémoire insuffisant
- Proposition de deux méthodes basées sur :
 - La Programmation Linéaire
 - Une décomposition du problème
- Procédure de pentes dynamiques
- Décomposition de Benders





Etude de cas : fruits et légumes en Isère

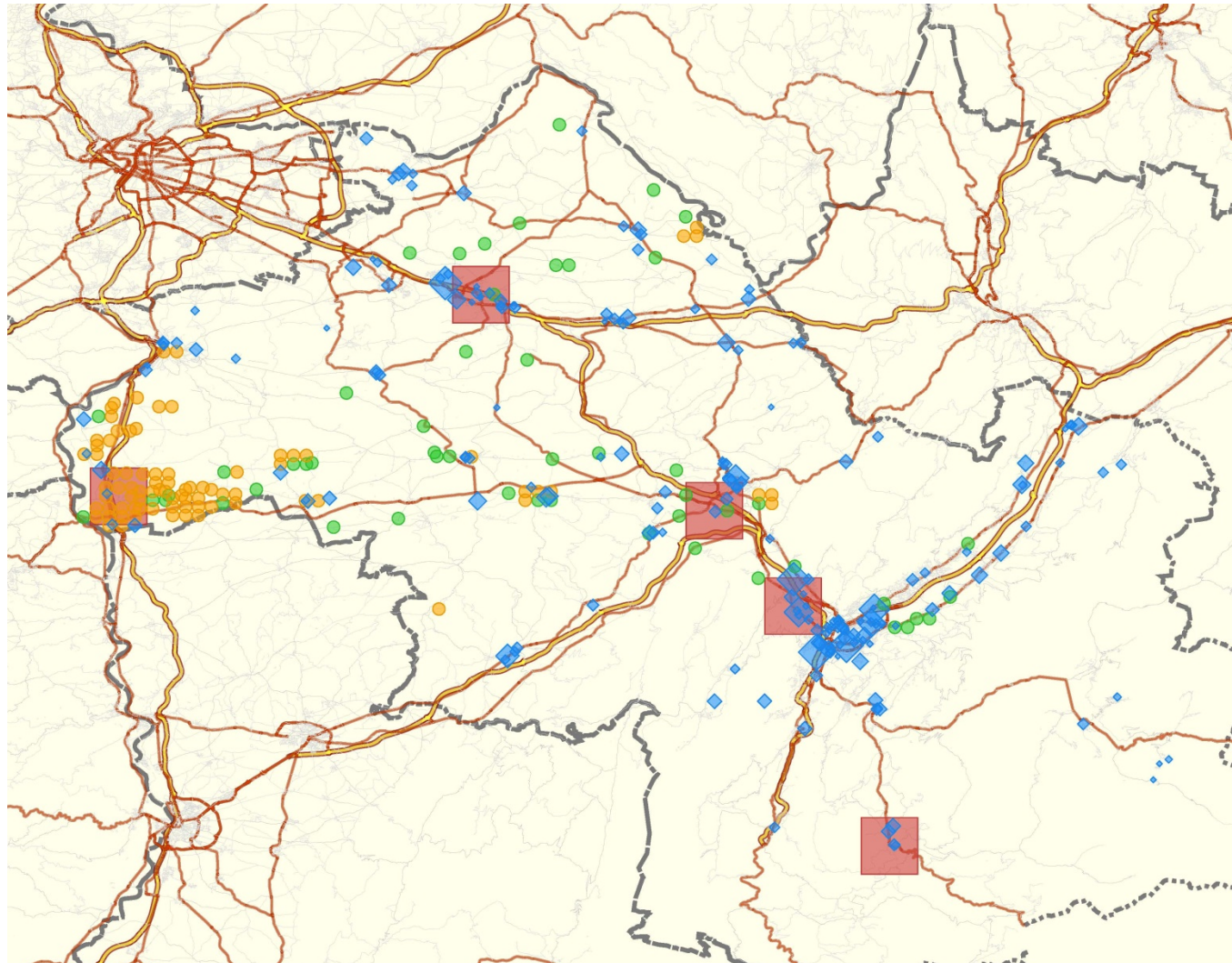
- Conseil Général de l'Isère
 - Caractérisation de la demande
 - Restauration collectives (collèges et lycées) : RCCL
 - Grandes et Moyennes Surfaces : GMS





Client	CA annuel	Volume annuel	Prix de vente	Nb Clients	Nb Périodes	Nb Livraisons
RCCL	528 k€	400 T	1,32 €/kg	103	10	4
GMS	14000 k€	10000 T	1,36 €/kg	188	12	12

- Chambre d'Agriculture de l'Isère
 - Caractérisation de l'offre
 - 134 producteurs (fruits et légumes)
 - 10 produits significatifs
- Proposition de 5 localisations potentielles pour les plateformes



Répartition géographique GMS



-  Plateforme
-  Client
-  Producteur de légumes
-  Producteur de fruits



Contraintes métier et paramètres

■ Contraintes :

- Un producteur ne livre directement un client que s'il est à moins de 20 km
- Rayon d'action des plateformes pour livrer les clients ou d'autres plateformes d_h
- Chiffre d'affaire annuel minimal pour les producteurs si ils participent à la livraison CA_{\min}

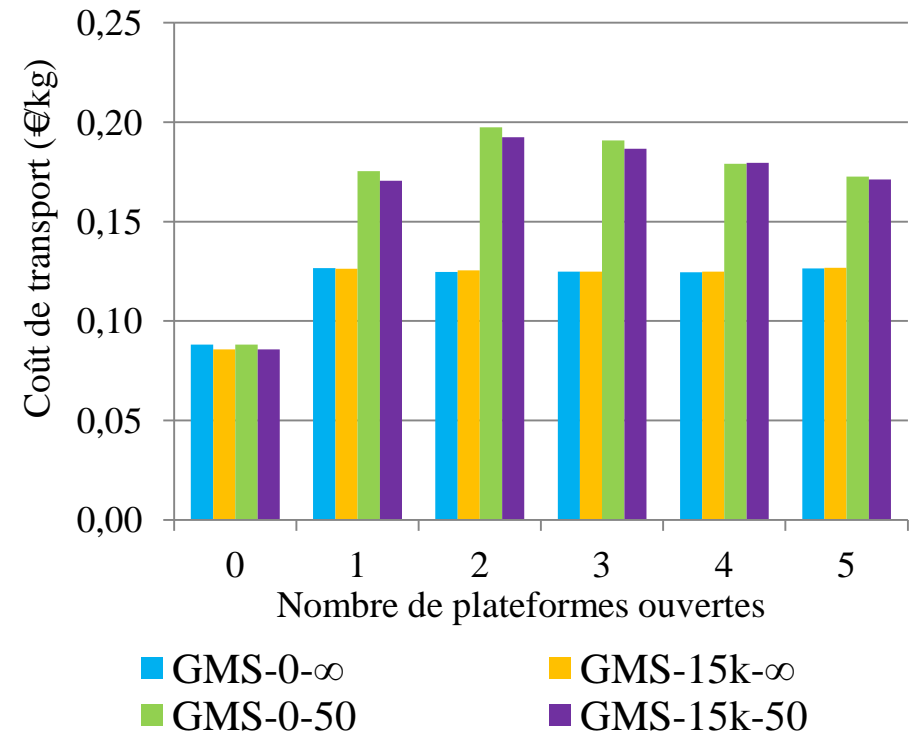
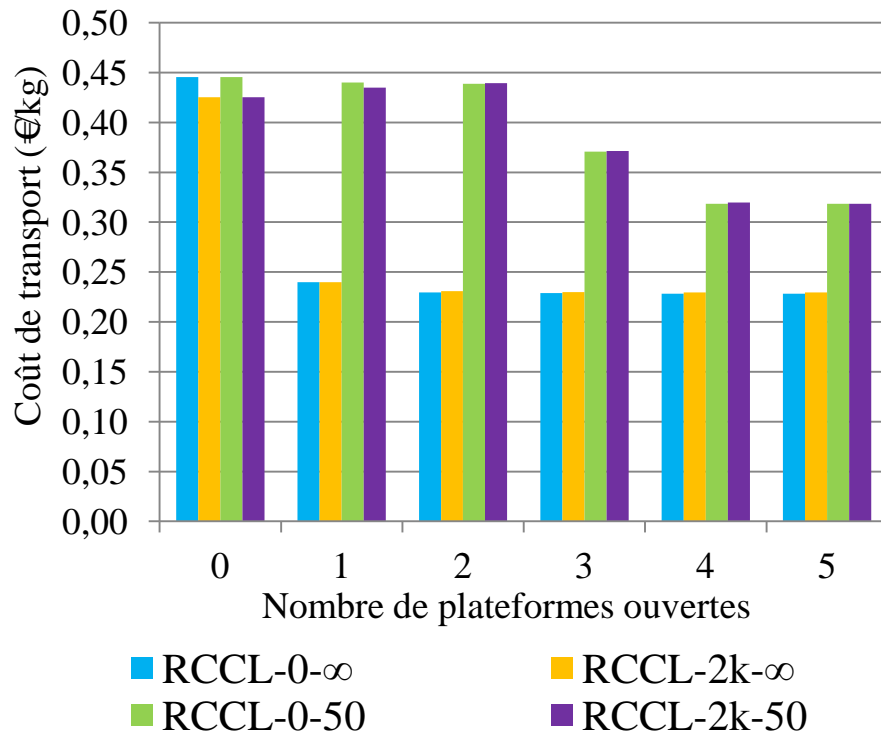
■ Paramètres :

- Nombre de plateformes ouvertes $H^{\max} \in \{0; 1; 2; 3; 4; 5\}$
- $d_h \in \{50; \infty\}$
- $CA_{\min} \in \{0; 2000; 15000\}$



Résultats

■ Coût moyen de transport



Type de client – CA minimal – rayon d'action



Résultats

- Sans plateformes, ~60% des demandes satisfaites
- Forte disparité des chiffres d'affaire entre les producteurs
- Taux de transport en direct (avec au moins une plateforme ouverte)
 - RCCL : ~40%
 - GMS : ~60%
- Taux de transport avec 2 transbordements (au moins 2 plateformes ouvertes)
 - Très faible (<1%) si d_h infini et pour les clients GMS
 - RCCL : jusqu'à 10% si d_h limité à 50km

Rhône-Alpes ^{Région}



Allotissement pour l'approvisionnement en viande des cantines scolaires

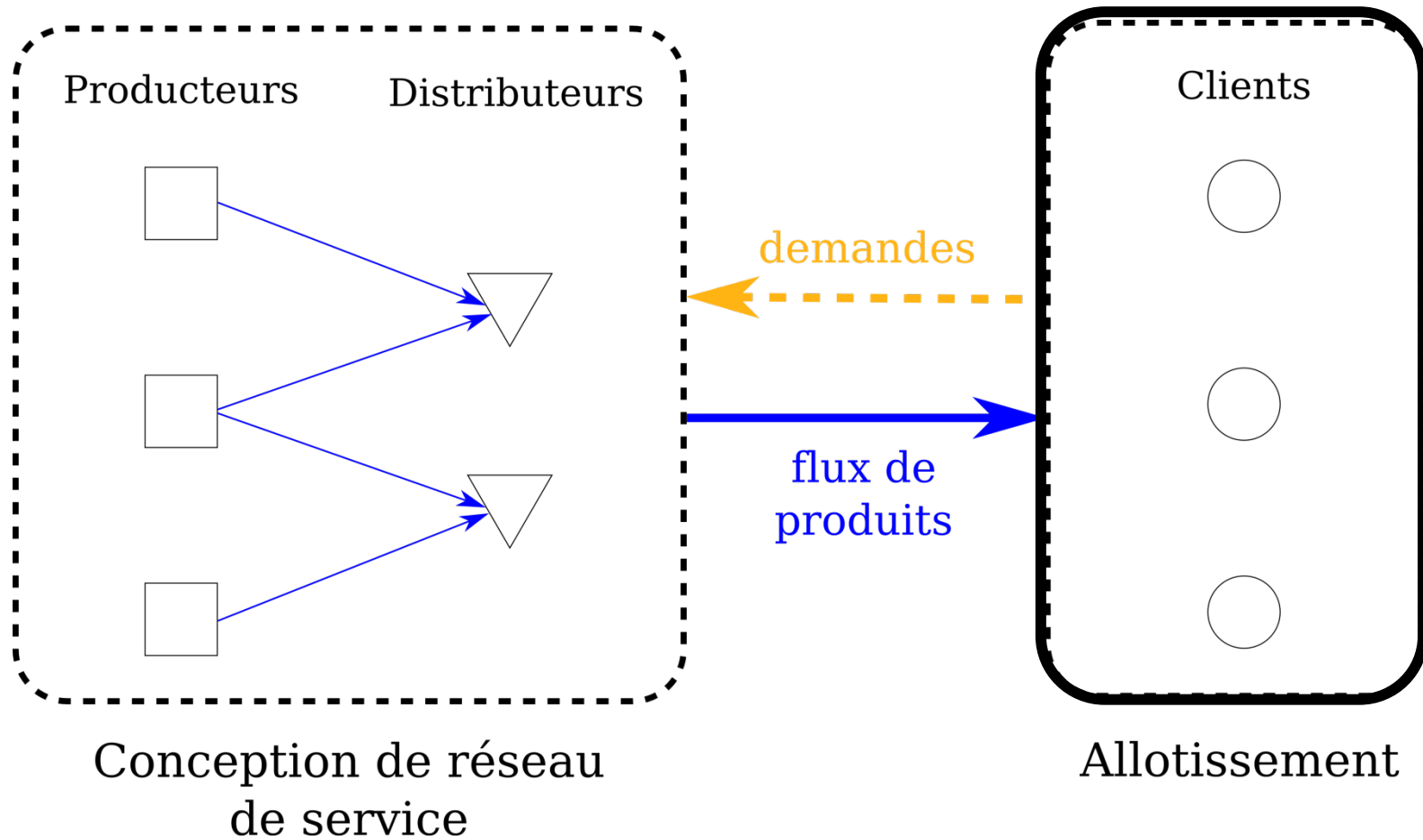
Maxime OGIER, Van-Dat CUNG, Nicolas CATUSSE
Laboratory G-SCOP
CNRS UMR 5272/Grenoble INP/UJF
Grenoble, FRANCE
{maxime.ogier, van-dat.cung, nicolas.catusse}
@grenoble-inp.fr

Julien BOISSIERE
LISTIC
Polytech'Savoie, Université de Savoie
Annecy Le Vieux, FRANCE
julien.boissiere@univ-savoie.fr



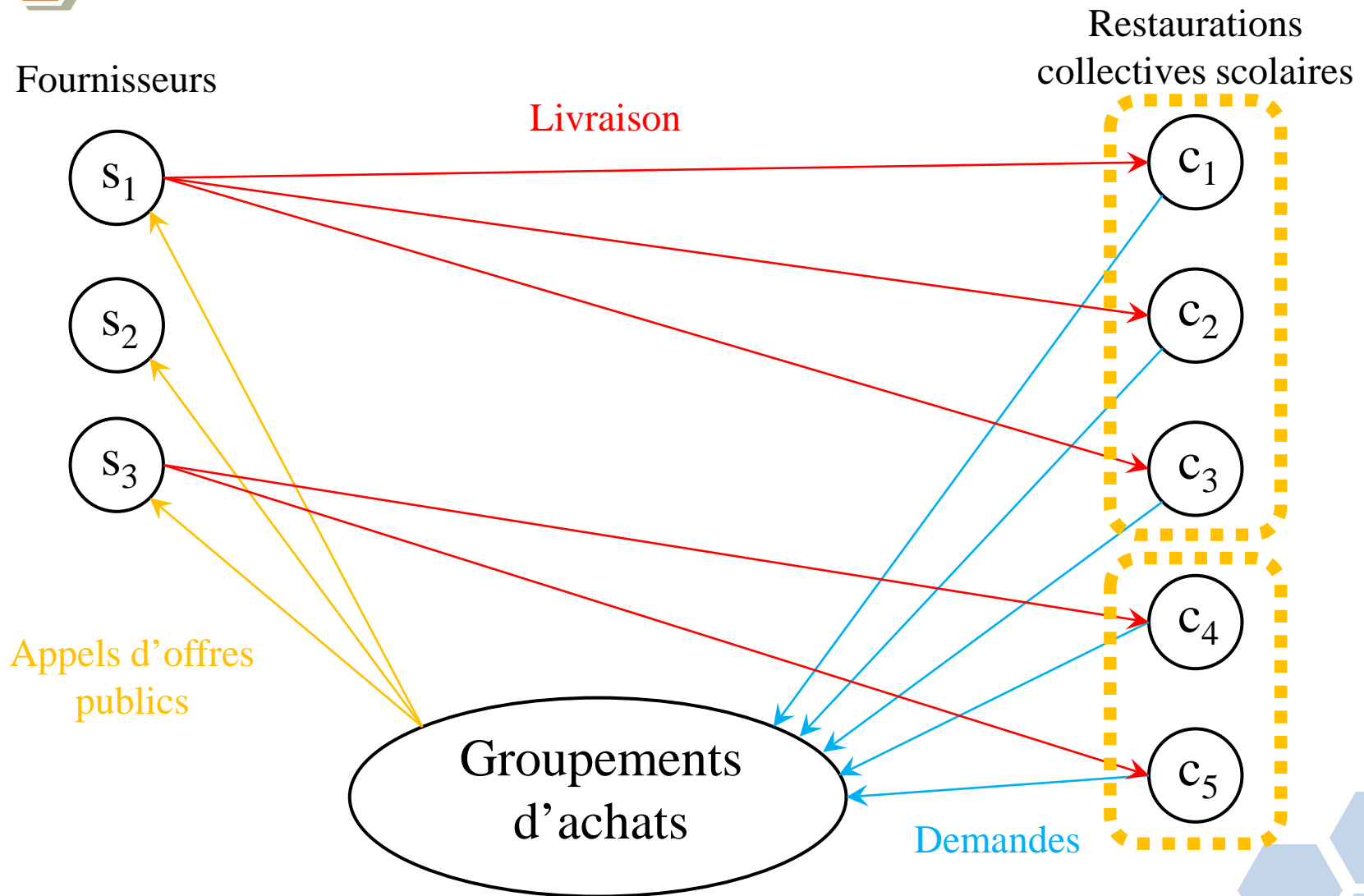


Problème d'allotissement

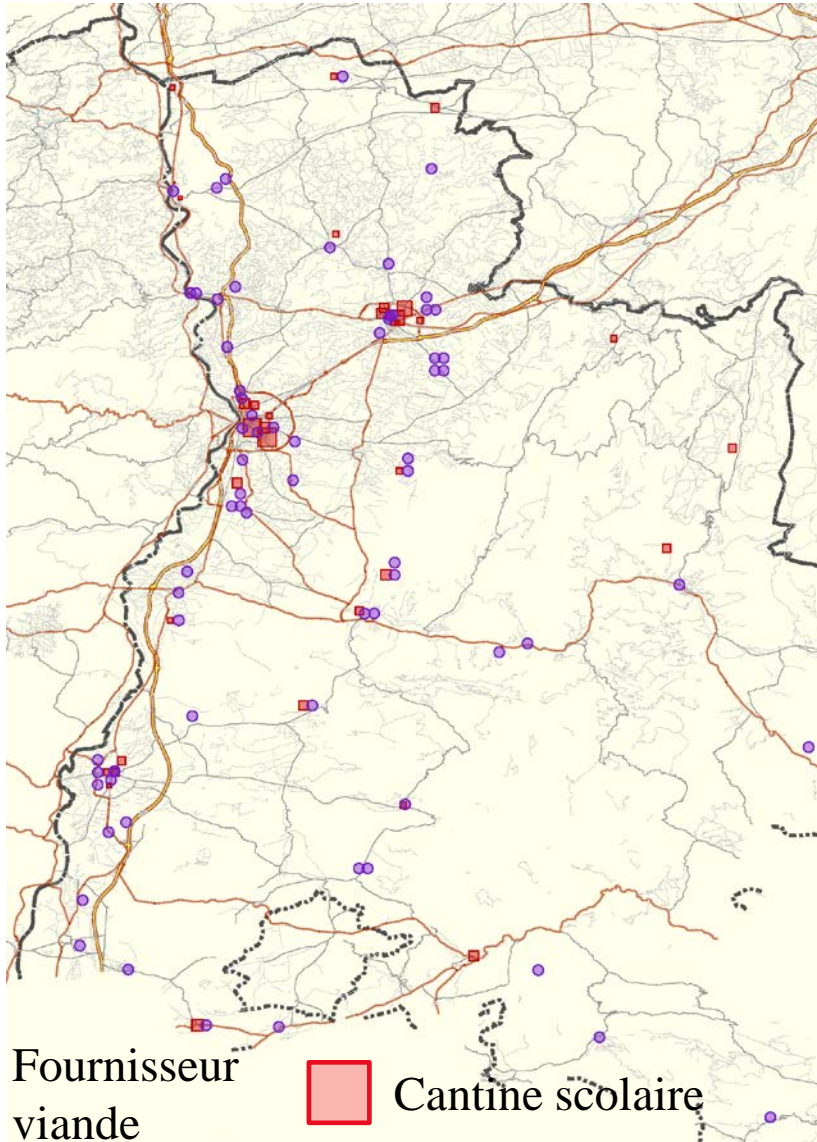




Problème d'allotissement (un type de viande)



Description d'une instance (Drôme)



- 37 cantines
- 70 fournisseurs
- Revenu par livraison (€):
 - min: 40
 - max: 1957
 - moyen: 455
 - écart-type: 421
- Rayon d'action (km):
 - dans {15; 30; 50; 100; 200}
- Ratio de profit min (€/km) :
 - dans {8; 10}
- Distances (km):
 - max: 154
 - moyenne: 45

Case study results



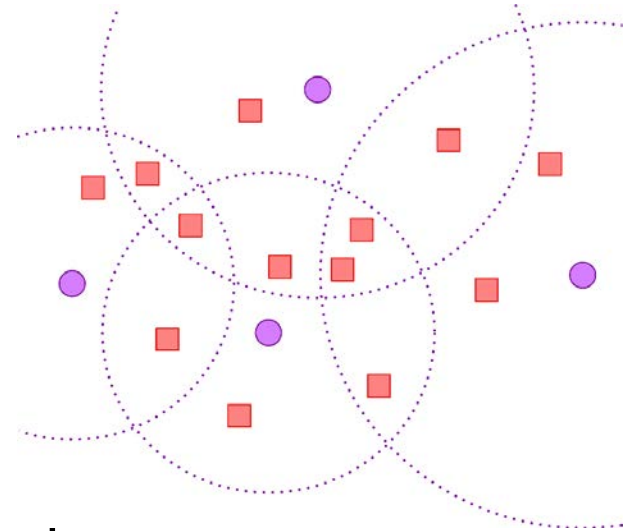
Définitions et hypothèses

- Lot = une partie de l'ensemble des clients (avec au moins deux clients)
- Rentabilité économique (en €/km) d'un lot = ratio entre chiffre d'affaire généré et distance à parcourir
- Pour chaque fournisseur on définit un rayon d'action (en km) et un ratio minimal de rentabilité (en €/km)
- Un fournisseur peut répondre à un lot si :
 - Tous les clients se situent dans le rayon d'action
 - Le ratio de rentabilité du lot est acceptable pour le fournisseur
- Lot acceptable = au moins un fournisseur peut répondre au lot



Objectifs

- Allotissement = partition de l'ensemble des clients (en au plus nbL^{max} lots acceptables)
- Objectif = un maximum de fournisseurs qui peuvent répondre aux lots (somme du nombre de fournisseurs sur chaque lot)
- Des lots équitables en terme de rentabilité
 - Pour les cantines scolaires
 - Pour les fournisseurs→ Contrainte sur l'écart entre les ratios de rentabilité minimal et maximal des lots choisis





Modélisation et résolution

- Modélisation comme un problème de partitionnement avec contraintes d'équité (Programme Linéaire Mixte)
 - Problème NP-difficile et nombre de lots exponentiel
- Méthodes de résolution heuristiques
 - Présélection de certains lots
 - A base de génération de colonnes
- Résultats sur des instances aléatoires
 - Présélection des lots peu performante sur des instances de grande taille
 - Améliorer la génération de colonnes (temps et garantie de perf)
- Etude de cas sur l'approvisionnement en viandes pour les départements de la Drôme et de l'Ardèche
 - Avec la Chambre Régionale d'Agriculture de Rhône-Alpes



Programme Linéaire Mixte (MIP)

$$\max \sum_{p \in P} nbS_p \cdot x_p$$

(1)

Maximiser le nb de fournisseurs (somme des parties sélectionnées)

$$\text{s.t.} \quad \sum_{p: c \in p} x_p = 1 \quad \forall c \in C$$

(2)

Partitionnement

$$x_p \cdot (PR_p - M) + M \geq l_{PR} \quad \forall p \in P$$

(3)

Contraintes couplantes pour les intervalles des ratios de profit

$$x_p \cdot PR_p \leq u_{PR} \quad \forall p \in P$$

(4)

$$u_{PR} - l_{PR} \leq e$$

(5)

Ecart maximal entre ratios de profit

$$l_{PR}, u_{PR} \geq 0$$

(6)

$$x_p \in \{0 ; 1\} \quad \forall p \in P$$

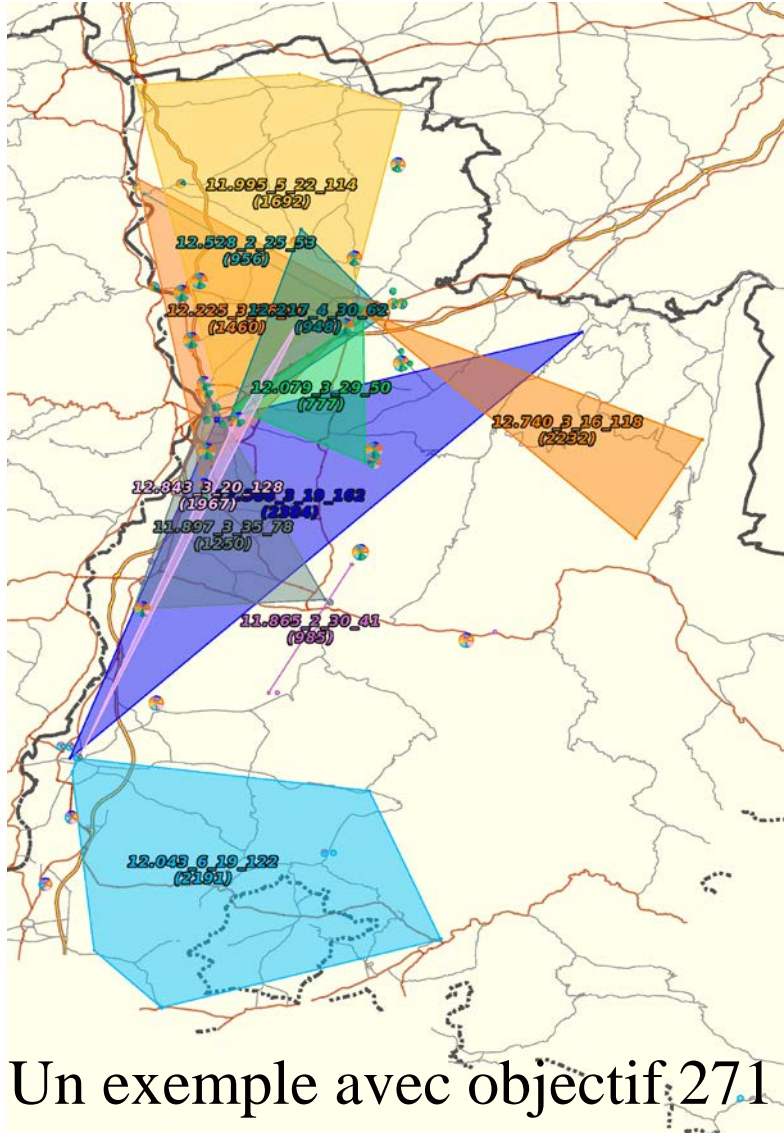
(7)

$$M = \max_{p \in P} \{PR_p\}$$

- NP-difficile par la généralisation du problème de Partition d'ensembles



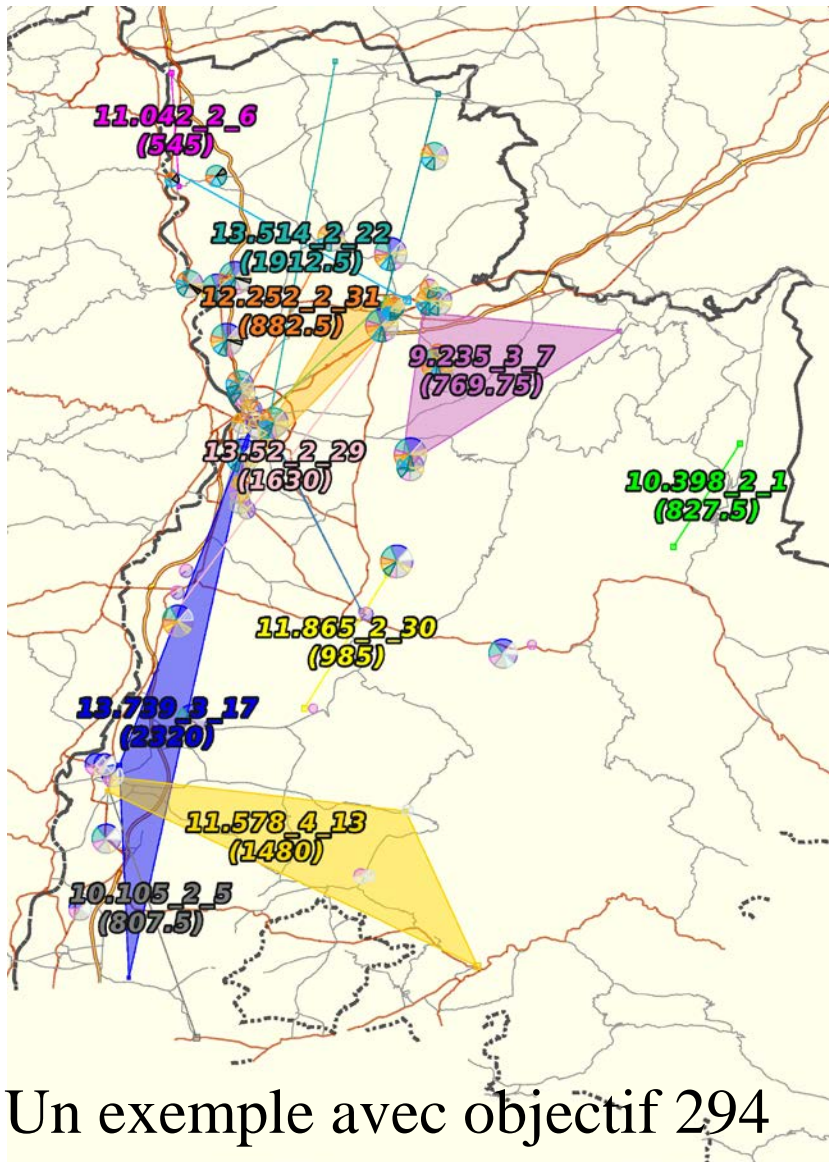
Resultat avec un écart de ratios = 1



Id	Nb de cantines	Nb de fournisseurs	Ratio de profit
1	2	30	11,86
2	3	35	11,89
3	5	22	11,99
4	6	19	12,04
5	3	29	12,07
6	4	30	12,21
7	3	26	12,22
8	3	19	12,30
9	2	25	12,52
10	3	16	12,74
11	3	20	12,84

	Recherche Locale	MIP
Objectif	271	208
Temps de calcul	60 s	95 s

Resultat avec un écart de ratios = 5



Un exemple avec objectif 294

Id	Nb de cantines	Nb de fournisseurs	Ratio de profit
1	3	17	13,73
2	2	22	13,51
3	3	7	9,23
4	2	31	12,25
5	4	27	10,59
6	2	22	11,92
7	2	23	13,02
8	2	30	11,86
9	2	29	13,52
10	2	1	10,39
11	2	5	10,10
12	2	6	11,04
13	2	30	13,79
14	3	31	13,23
15	4	13	11,57

	Recherche Locale	MIP
Objectif	371	357
Temps de calcul	120 s	50 s



Conclusions

- Circuits courts en vente indirecte
 - Nécessité d'un réseau de distribution optimisé par mutualisation
 - Nécessité de concevoir des lots optimisés pour les appels d'offres
- Modélisation avec des aspects originaux
 - Saisonnalité + Limitation du nombre de transbordements
 - Critères d'équité et revenu minimal pour les fournisseurs
- Utilisation des outils de la Recherche Opérationnelle pour modéliser et résoudre
- Etudes de cas au niveau départemental et régional



Perspectives

- Expérimentation des solutions sur le terrain
- Modélisation
 - Prise en compte plus fine des schémas de transport (collaboration des producteurs, intégration des tournées dans les tournées existantes)
 - Comportement des producteurs pour accepter de faire une livraison
- Amélioration des méthodes de résolution





Plus globalement, d'autres études



- Optimisation logistique de la filière viande iséroise (Pierre LEMAIRE)
- Gestion des bacs de livraison
- Gouvernance des associations de groupement de producteur
- Etude du concept de légumerie en Circuits Courts



Contributions à la chaîne logistique numérique : conception de circuits courts et planification décentralisée

Maxime OGIER

05 décembre 2013, 14h00 dans l'amphithéâtre Gosse
Grenoble INP, 46 avenue Felix Viallet, Grenoble

M. Stéphane DAUZERE-PERES, Professeur à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, Rapporteur
M. Jacques LAMOTHE, Professeur à l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux, Rapporteur

Mme Valérie BOTTA-GENOULAZ, Professeur à l'INSA Lyon, Examinatrice
M. Gilles GONCALVES, Professeur à l'Université d'Artois, Examineur
M. Michel MINOUX, Professeur à l'Université Pierre et Marie Curie, Examineur

M. Van-Dat CUNG, Professeur à Grenoble INP, Directeur de thèse
M. Julien BOISSIERE, Maître de conférences à l'Université de Savoie, Co-encadrant de thèse