



## **Problème d'évolution dynamique des tournées de collecte de déchets : prise en compte du coût et de la stabilité**

Frédérique BANIEL (LGP / ENIT - MOGISA / LAAS-CNRS)  
Marie-José HUGUET (MOGISA / LAAS-CNRS)  
Thierry VIDAL (IRISA/ INRIA)



# Plan



## 1. Position du problème

1. Contexte
2. présentation du problème
3. Critères envisagés

## 2. Algorithmes utilisés

1. Scinder le graphe
2. Construire les circuits

## 3. Evolution des tournées

## 4. Conclusion et Perspectives



# Contexte



1  
Position du  
problème

2  
Algorithmes

3  
Evolution des  
tournées

4  
Perspectives

- **But :**

- **Organiser/Réorganiser** les circuits de collecte des déchets ménagers dans une collectivité locale
- 4 objectifs principaux :
  - coûts de collecte
  - qualité de service pour les usagers
  - Impact environnemental
  - Condition de travail des employés

- **Partenariat :**

- **ADEME** (Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie) : conseil, vision globale
- Collectivité locale : la **CAM** (Communauté d'Agglomération du Muretain) : problèmes et données réelles



# Présentation du problème



1  
Position du  
problème

2  
Algorithmes

3  
Evolution des  
tournées

4  
Perspectives

4/14



- **Organisation :**
  - 2 collectes d'**O**rdures **M**énagères par semaine,
  - Dépôt et point de vidage **unique**,
  - Taux présentation début semaine > taux présentation fin semaine.
- **Contraintes fortes :**
  - Passer devant toutes les habitations à collecter,
  - Nombre de véhicules limité et hétérogènes,
  - Tonnage à collecter par véhicule limité,
  - Passage à certaines heures obligatoires (ou interdites),
  - Temps de travail limité.



# Présentation du problème

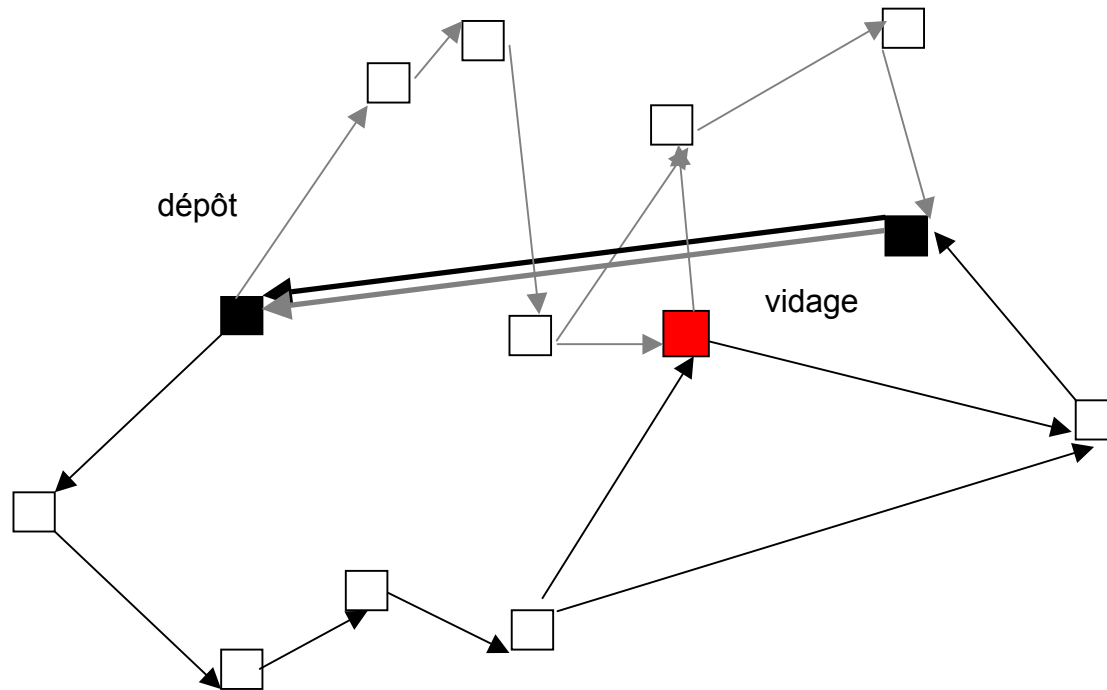


1  
Position du  
problème

2  
Algorithmes

3  
Evolution des  
tournées

4  
Perspectives



## • Réorganisation :

- Augmentation de la population de **2%** par an,
- Augmentation de la quantité de déchets de **2%** par an et par habitant
- Proposition de méthodes d'insertion



# Critères envisagés



1  
Position du  
problème

2  
Algorithmes

3  
Evolution des  
tournées

4  
Perspectives

- **Organisation des circuits de collecte**
  - **Critère de coût :**
    - Temps de collecte,
    - Nb de kilomètre.
  - **Qualité de service :**
    - Tout collecter.
  - **Impact environnemental :**
    - Consommation de carburant.
  - **Conditions de travail des employés :**
    - Équilibrage des tournées : temps de travail.

6/14





# Critères envisagés



1  
Position du  
problème

2  
Algorithmes

3  
Evolution des  
tournées

4  
Perspectives

- Réorganisation des circuits

**BUT** : solution faible coût qui « perturbent » le moins possible solution initiale.

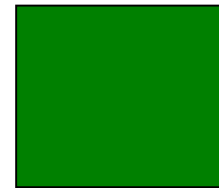
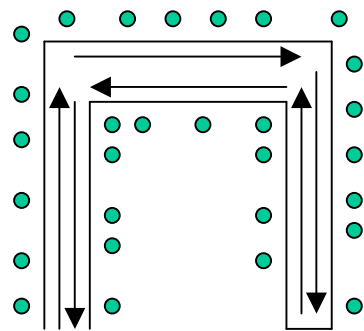
En plus des critères précédents se rajoute un critère de **stabilité dynamique** :

- **Qualité de service** (= point de vue usagers)
  - modification du jour / de l'heure de collecte.
- **Conditions de travail** (= point de vue équipe)
  - ajout/suppression de points de collecte dans un circuit de collecte,
  - changement de l'ordre de passage.



- **Collecte sur les noeuds : CVRPTW**

- Agrège une rue, un quartier, un lotissement, une portion de route en un nœud



Noeud qui agrège les paramètres (tonnage, coût, temps de parcours, nombre de bacs, nombre de points noirs)

- Granularité du nœud à définir par la collectivité : peut être variable

1  
Position du problème

2  
Algorithmes

3  
Evolution des tournées

4  
Perspectives





# Scinder le graphe

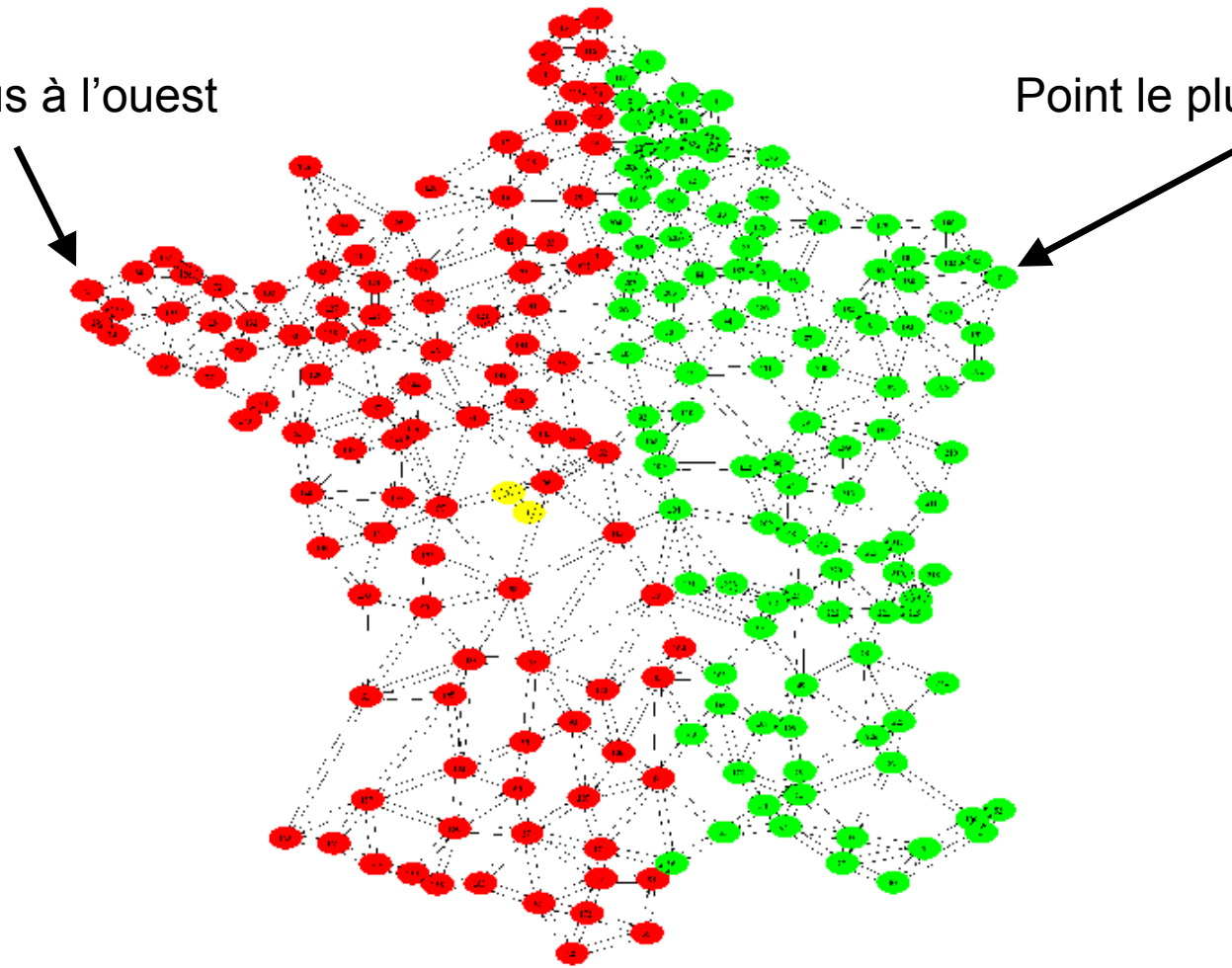


- **Heuristique de construction :**

- Scinder le graphe en deux parties en équilibrant les tonnages :

Point le plus à l'ouest

Point le plus à l'est



1  
Position du  
problème

2  
**Algorithmes**

3  
Evolution des  
tournées

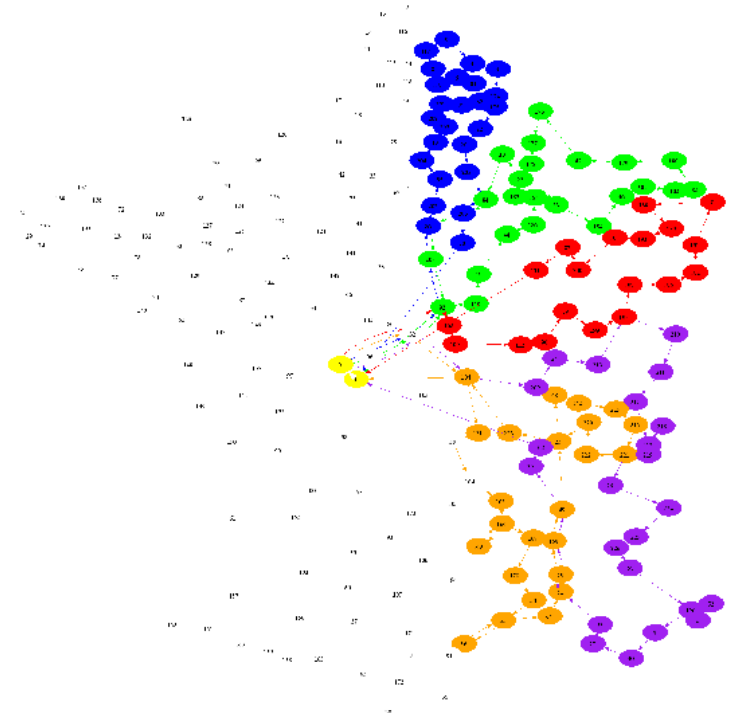
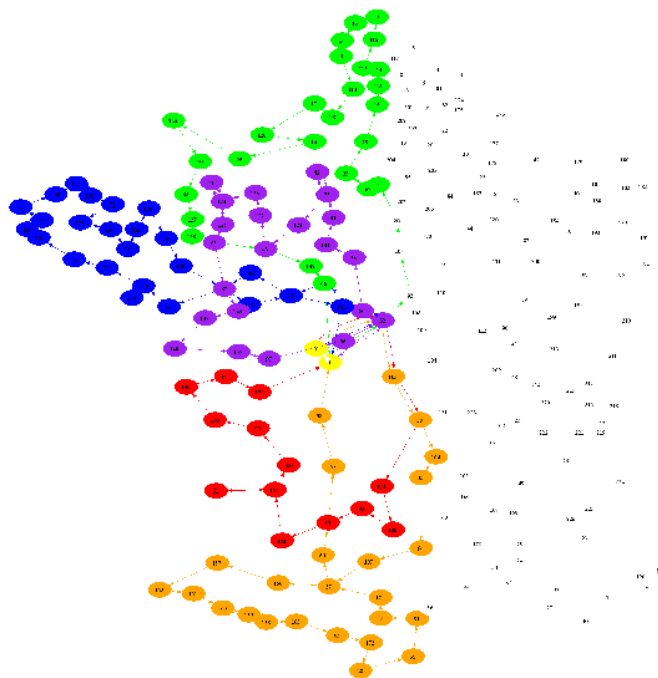
4  
Perspectives



# Construire 1<sup>ère</sup> solution



- Déterminer le nombre de camions nécessaires par jour
- Construire les secteurs de collecte et les tournées : Algorithme de Solomon
- On améliore cette solution à l'aide de recherche locale classique
  - Recherche locale intra-tournée : or-opt
  - Recherche locale inter-tournées : inter-exchange



1  
Position du  
problème

2  
Algorithmes

3  
Evolution des  
tournées

4  
Perspectives

10/14





# Problèmes & méthodes étudiés



- **Problèmes étudiés :**
  - Ajout **d'un nœud** sans dépasser la limite de tonnage de collecte pour le circuit affecté,
  - Ajout **de plusieurs nœuds** en dépassant la limite de tonnage du circuit affecté.
- **Méthodes d'insertion pour une étude d'une stabilité dynamique (pas de temps réel)**
  - **I1** : Insertion au plus proche voisin,
  - **I2** : I1 + or-opt,
  - **I3** : I2 + inter-exchange avec circuits immédiatement voisin,
  - **I4** : I3 +inter-exchange entre tous les circuits,
  - **I5** : Reconstruction globale des circuits par secteur de collecte.

1

Position du problème

2

Algorithmes

3

Evolution des tournées

4

Perspectives

11/14





# Etude Stabilité dynamique



1  
Position du  
problème

2  
Algorithmes

3  
Evolution  
des tournées

4  
Perspectives

12/14



## • Résultat :

– 1<sup>er</sup> problème :

|    | Instances<br>de Solomon | Distance | Stabilité      |                |                   |
|----|-------------------------|----------|----------------|----------------|-------------------|
|    |                         |          | Ecart<br>temps | Ecart<br>nœuds | Ecart<br>chaînage |
| I1 | R1                      | 1431     | 16             | 1              | 0                 |
| I2 | R1                      | 1431     | 16             | 1              | 0                 |
| I3 | R1                      | 1431     | 16             | 1              | 0                 |
| I4 | R1                      | 1429     | 245            | 3              | 13                |
| I5 | R1                      | 1432     | 1680           | 25             | 63                |

– Insertion d'un nœud sans dépasser la capacité totale du camion :

**Insertion au plus proche voisin**



# Etude Stabilité dynamique



- **Résultat :**

- 2<sup>ème</sup> problème :

|    | Instances de Solomon | Distance | Stabilité   |             |                |
|----|----------------------|----------|-------------|-------------|----------------|
|    |                      |          | Ecart temps | Ecart nœuds | Ecart chaînage |
| I3 | R1                   | 1413     | 335         | 5           | 6              |
| I4 | R1                   | 1403     | 415         | 8           | 14             |
| I5 | R1                   | 1353     | 2513        | 62          | 88             |

- Insertion de plusieurs nœuds en dépassant la capacité totale du camion :

**Insertion au plus proche voisin et méthodes d'amélioration locales**

1  
Position du problème

2  
Algorithmes

3  
**Evolution des tournées**

4  
Perspectives



# Perspectives



1  
Position du  
problème

2  
Algorithmes

3  
Evolution des  
tournées

4  
Perspectives

- ➔ Continuer expérimentations sur la stabilité :
  - **Statique** : prendre en compte la stabilité lors de la création des circuits (entre les 2 jours de collecte d'un point)
  
- ➔ **Comparer** les méthodes utilisées de construction et d'évolution des tournées pour la construction des circuits :
  - Heuristique de construction + amélioration par métaheuristique

14/14

