

Défense orale

Projet "Exploitation agricole"

El Mokhtari Younes, Mutkowski Philippe et Toguem Fouka Steve

Université Libre de Bruxelles

Table des matières

- 1 Introduction
- 2 Modélisation du problème et hypothèses de travail
- 3 Représentation virtuelle du problème et des hypothèses
- 4 Approche de résolution du problème et création d'une frontière pareto optimale
- 5 Sélection et représentation d'une solution de la frontière
- 6 Étude de la stabilité de l'approche
- 7 Limitations et améliorations

Table des matières

- 1 Introduction
- 2 Modélisation du problème et hypothèses de travail
- 3 Représentation virtuelle du problème et des hypothèses
- 4 Approche de résolution du problème et création d'une frontière pareto optimale
- 5 Sélection et représentation d'une solution de la frontière
- 6 Étude de la stabilité de l'approche
- 7 Limitations et améliorations

Description de la problématique

Une compagnie agricole souhaite s'installer dans une région donnée. L'objectif est de déterminer la localisation exacte, la taille et la forme de l'exploitation agricole afin d'optimiser trois objectifs principaux :

- La productivité du terrain
- La proximité de zones habitées (afin de faciliter la vente de la production)
- La compacité du terrain (afin de diminuer les coûts d'exploitation)

Cependant, certaines contraintes doivent être respectées :

- Le budget de la compagnie est de 500.000 euros
- Les terrains achetés doivent être inoccupés (pas d'habitation ni de route).

Données sous forme de graphes

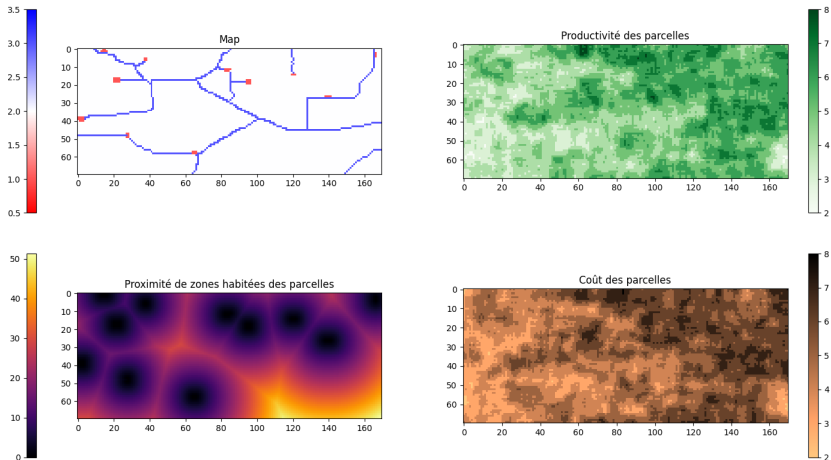


Figure – Représentation des données sous forme de graphes

Table des matières

- 1 Introduction
- 2 Modélisation du problème et hypothèses de travail**
- 3 Représentation virtuelle du problème et des hypothèses
- 4 Approche de résolution du problème et création d'une frontière pareto optimale
- 5 Sélection et représentation d'une solution de la frontière
- 6 Étude de la stabilité de l'approche
- 7 Limitations et améliorations

Hypothèses de travail

- Budget fixé à 500 000 euros.
- Chaque parcelle ajoutée à un terrain doit être innocupé
- La distance entre parcelles est euclidienne
- Indice de proximité indique la distance aux habitations proches \Rightarrow plus la valeur est proche de 0, plus le terrain se trouve proche des habitations voisines
- Pas de forme privilégiée
- Définition de la compacité

Définition de la compacité

Nous nous basons sur une définition de la compacité défini par Li and Parrott, 2016 "An improved Genetic Algorithm for spatial optimization of multi-objective and multi-site land use allocation :

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \left(\sum_{m=i-1}^{i+1} \sum_{n=j-1}^{j+1} \frac{N_{eigmn}}{8} \right) \quad (1)$$

Avec :

$$N_{eigmn} = \begin{cases} 1 & \text{si } x_{ij} = x_{mn} = 1 \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \quad (2)$$

Définition de la compacité

Pour calculer la compacité + efficacité, on utilise la matrice réduite. Voici 2 exemples avec 2 solutions (les terrains occupés sont en blanc)

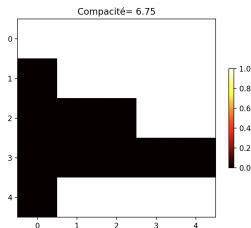


Figure – Bonne compacité : 6.75

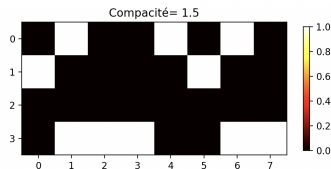


Figure – Mauvaise compacité : 1.5

Modélisation du problème

Le problème peut être modélisé comme un problème d'optimisation multi-objectif. Nous cherchons à optimiser la productivité du terrain, la proximité des zones habitées et la compacité du terrain :

- On maximise la productivité :

$$\max \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M P_{ij} x_{ij} \quad (3)$$

- On minimise la distance :

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M D_{ij} x_{ij} \quad (4)$$

- On maximise la compacité :

$$\max \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M T_{ij} x_{ij} \quad (5)$$

où :

- $N = 70$ lignes et $M = 170$ colonnes
- $x_{ij} \in \{0, 1\}$ telle que $x_{ij} = 1 \Leftrightarrow$ parcelle ij innoccupée et ajoutée
- $P_{ij} \in \{2, 8\}$, $D_{ij} \in \{0, 200\}$, $T_{ij} \in \{0, 1\}$

Modélisation du problème

Tout en respectant la contrainte de budget :

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M C_{ij} x_{ij} \leq 500000 \quad (6)$$

où :

- $N = 70$ lignes et $M = 170$ colonnes
- $C_{ij} \in \{2, 8\}$

Table des matières

- 1 Introduction
- 2 Modélisation du problème et hypothèses de travail
- 3 Représentation virtuelle du problème et des hypothèses**
- 4 Approche de résolution du problème et création d'une frontière pareto optimale
- 5 Sélection et représentation d'une solution de la frontière
- 6 Étude de la stabilité de l'approche
- 7 Limitations et améliorations

Représentation virtuelle du problème et des hypothèses

Nous pouvons représenter virtuellement le problème en utilisant une grille 2D où chaque élément représente une parcelle :

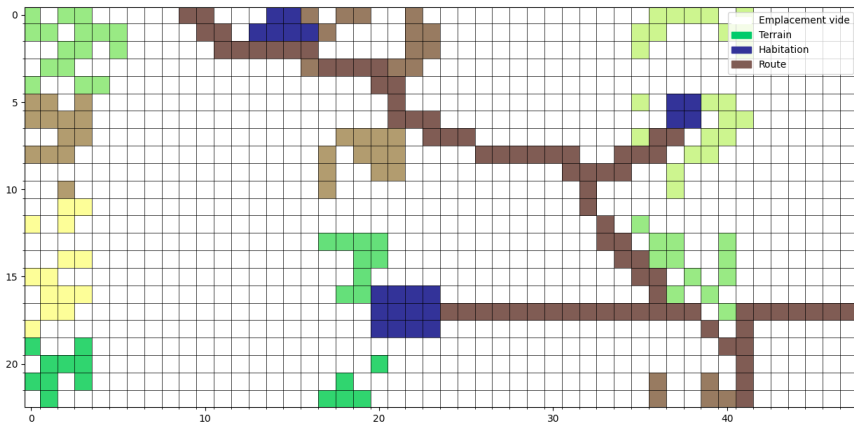


Figure – Représentation sous forme de grille

Table des matières

- 1 Introduction
- 2 Modélisation du problème et hypothèses de travail
- 3 Représentation virtuelle du problème et des hypothèses
- 4 Approche de résolution du problème et création d'une frontière pareto optimale**
- 5 Sélection et représentation d'une solution de la frontière
- 6 Étude de la stabilité de l'approche
- 7 Limitations et améliorations

Approche de résolution du problème

- ➊ Génération d'une population initiale de solutions
- ➋ Exploration locale des solutions en examinant leur voisinage
- ➌ Sélection de la première meilleure solution voisine pour chaque solution
- ➍ Remplacement des solutions actuelles par les meilleures solutions trouvées
- ➎ Répétition des étapes 2 à 4 jusqu'à atteindre un nombre maximum d'itérations
- ➏ Identification des solutions non dominées parmi les solutions obtenues
- ➐ Obtention de la frontière de Pareto.

Génération d'une population de solutions initiales

Pour générer une population de k solutions initiales :

- 1 Génère une parcelle aléatoire dans la grille
- 2 Génère une solution aléatoire en ajoutant les parcelles voisines avec une certaine probabilité p

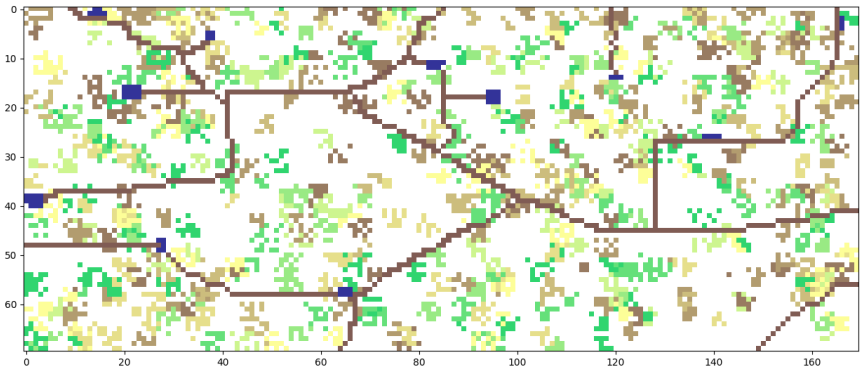


Figure – Génération d'une population de solutions initiales avec $k = 500$ et $p = 0.5$

Exploration du voisinage des solutions

Pour explorer le voisinage d'une solution donnée, nous utilisons une méthode de recherche locale qui effectue les opérations suivantes sur les parcelles voisines :

- Ajout d'une parcelle sélectionnée au terrain si elle est valide et ajoutable.
- Permutation d'une parcelle sélectionnée avec une parcelle actuelle si elles sont toutes les deux valides et échangeables.

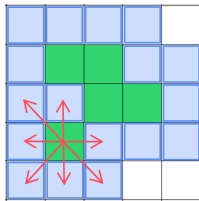


Figure – Exploration du voisinage des solutions

L'exploration du voisinage s'arrête dès qu'une nouvelle solution dominante par rapport à la solution actuelle est trouvée. Si aucune solution améliorée n'est trouvée après un certain nombre d'itérations, l'exploration s'arrête.

Frontière Pareto optimale

Une fois le nombre d'itérations maximum atteint, les étapes suivantes sont effectuées pour obtenir la frontière Pareto optimale :

- 1 Identification des solutions non dominées parmi les solutions trouvées.
- 2 Création d'un graphe pour représenter la frontière de Pareto.

Analyse des résultats obtenus

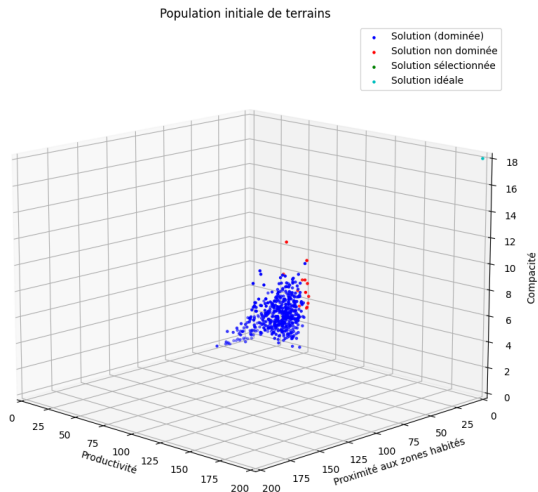


Figure – Résultats obtenus pour une population de taille 500 et 25 itérations

Analyse des résultats obtenus

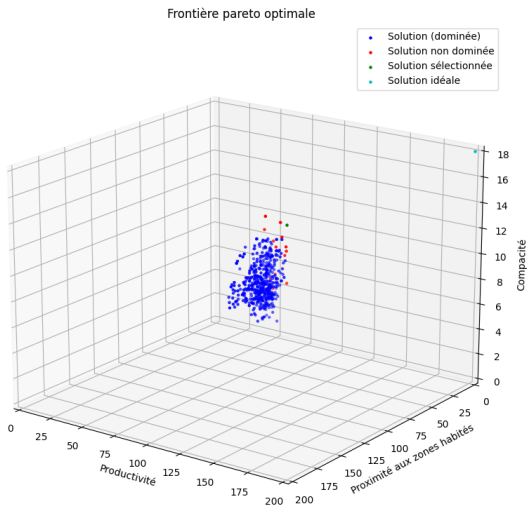


Figure – Résultats obtenus pour une population de taille 500 et 25 itérations

Analyse des résultats obtenus

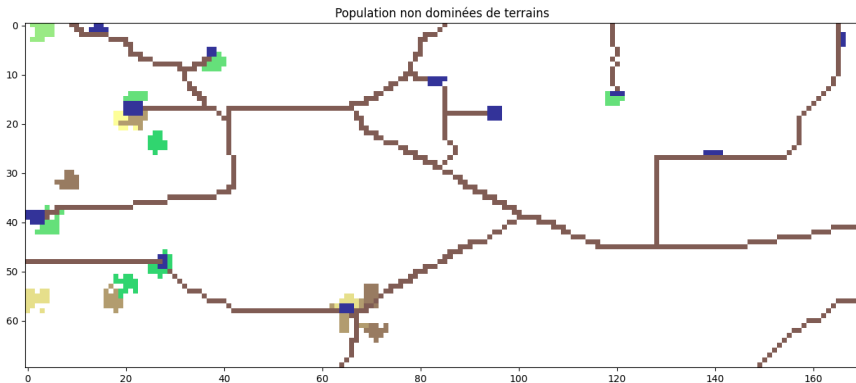


Figure – Résultats obtenus pour une population de taille 500 et 25 itérations

Table des matières

- 1 Introduction
- 2 Modélisation du problème et hypothèses de travail
- 3 Représentation virtuelle du problème et des hypothèses
- 4 Approche de résolution du problème et création d'une frontière pareto optimale
- 5 Sélection et représentation d'une solution de la frontière**
- 6 Étude de la stabilité de l'approche
- 7 Limitations et améliorations

Critères de sélection de la solution

Pour choisir une solution de la frontière, on détermine une solution idéale au problème et on choisit la solution non dominée la plus proche de la solution idéale :

$$\min\left(\sum_{k=1}^3 w_k (x_k - i_k)^2\right)^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

où :

- w_k représente le poids pour chaque objectif. Ici, $w_k = 0.33$ pour $k = 1, 2, 3$
- $x := (x_1, x_2, x_3)$ représente une solution non dominée appartenant à la frontière
- $i := (i_1, i_2, i_3)$ représente la solution idéale en prenant le maximum de parcelles possibles avec une productivité, une proximité et une capacité maximale. Dans ce cas, $i = (200, 0, 18)$

Représentation de la solution choisie

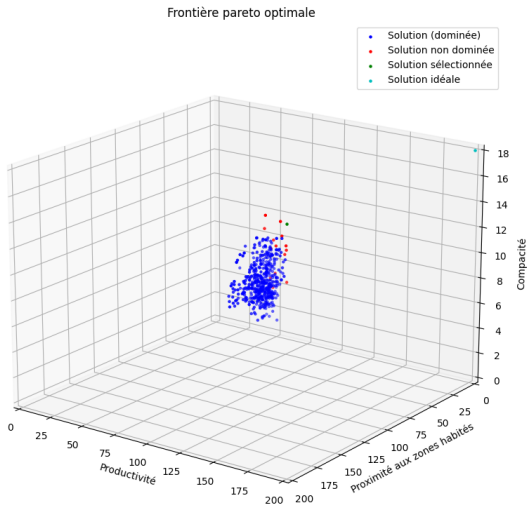


Figure – Représentation de la solution choisie sur le graphe pour une population de taille 500 et 25 itérations

Représentation de la solution choisie

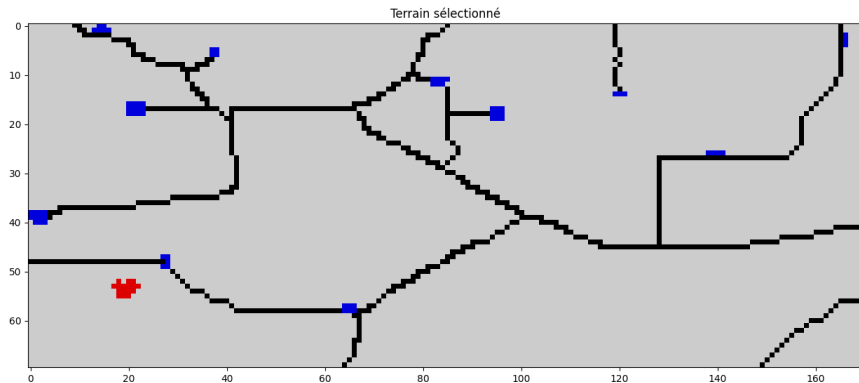


Figure – Représentation de la solution choisie sur la grille pour une population de taille 500 et 25 itérations

Table des matières

- 1 Introduction
- 2 Modélisation du problème et hypothèses de travail
- 3 Représentation virtuelle du problème et des hypothèses
- 4 Approche de résolution du problème et création d'une frontière pareto optimale
- 5 Sélection et représentation d'une solution de la frontière
- 6 Étude de la stabilité de l'approche**
- 7 Limitations et améliorations

Sensibilité aux paramètres du problème

Itérations	productivité	compacité	proximité
5	65	9	12.1
10	66	9.5	11.76
15	66	10	11.53
20	67	10	11.44
30	67	10	11.44
40	67	10	11.44
50	67	10	11.44

Figure – Sensibilité de la solution au nombre d'itérations

Sensibilité aux paramètres du problème

Population initiale	productivité	capacité	proximité
100	66	9.5	11.75
200	66	8.5	11.71
300	66	9.5	11.83
400	66	10	11.79
500	67	9.25	11.76
600	66	9.75	9.32
700	71	10.5	9.26
800	67	8.75	11.73
900	70	9.75	9.18
1000	70	10	9.24

Figure – Sensibilité de la solution à la population initiale

Table des matières

- 1 Introduction
- 2 Modélisation du problème et hypothèses de travail
- 3 Représentation virtuelle du problème et des hypothèses
- 4 Approche de résolution du problème et création d'une frontière pareto optimale
- 5 Sélection et représentation d'une solution de la frontière
- 6 Étude de la stabilité de l'approche
- 7 Limitations et améliorations

Problème avec la recherche locale

Un des problème est le fait de tomber dans un maximum local. Ceci pourrait être amélioré par :

- Une meilleure méthode d'exploration.
- Une implémentation "multi-restart" de l'algorithme (relancer l'algorithme en gardant en mémoire les meilleures solutions)

Merci pour votre écoute, avez-vous des questions ?