

Simulation mathématique de la sélection d'une variété de papaye

Sougoursi Jean Yves ZARE^{1*}, Zoïnabo SAVADOGO¹,

Résumé

Le secteur agricole en général représente une part importante de l'économie du Burkina Faso. Ce secteur à lui seul contribue à près de 35% du PIB. L'arboriculture y occupe une place de choix. Cependant, ce secteur souffre d'une faible productivité due entre autres à la non maîtrise des techniques de production et de sélection de semences adaptées. La production de papaye au Burkina Faso rencontre donc les mêmes difficultés. Dans cet article une sélection d'une variété de papaye à l'aide de l'extension de la méthode TOPSIS (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution) a été présentée. TOPSIS est une méthode mathématique d'aide à la décision qui existe déjà dans la littérature scientifique, très pratique, utilisée dans plusieurs domaines de la vie. Dans le souci d'améliorer la production de papaye au Burkina Faso, il convient de sélectionner les meilleures variétés de semence. Dans cet article, par une simulation de données, une sélection d'une variété de papaye adaptée aux conditions de notre pays a été faite parmi quatre variétés que sont : Formosa , Sunrise, Papaye solo 8 et Golden. La simulation utilisant la méthode d'aide à la décision (TOPSIS) a permis de choisir la papaye solo 8 comme étant la meilleure variété sur les quatre variétés.

Mots clefs : Aide à la décision ; extension-TOPSIS ; sélection de semence papayes.

Mathematical simulation of the selection of a papaya variety

Abstract

The agricultural sector in general is an important part of Burkina Faso's economy. This sector alone contributes almost 35% of GDP. Tree growing plays a key role. However, this sector suffers from low productivity, due in part to a lack of mastery of production techniques and the selection of suitable seeds. Papaya production in Burkina Faso is facing the same difficulties. This article presents the selection of a papaya variety using an extension of the TOPSIS method (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution). TOPSIS is a very practical mathematical decision support method that already exists in the scientific literature and is used in several areas of life. In order to improve papaya production in Burkina Faso, the best seed varieties need to be selected. In this article, using data simulation, a papaya variety adapted to the conditions in our country was selected from four varieties: Formosa, Sunrise, Papaye solo 8 and Golden. The simulation using the decision support method (TOPSIS) led to the selection of Papaya solo 8 as the best of the four varieties.

Key words: Decision support; extension-TOPSIS; papaya seed selection

¹ Laboratoire d'Analyse Numérique, Informatique et Biomathématiques (LANIBIO), Université Joseph Ki-ZERBO, BP 01 7021 Ouagadougou, Burkina Faso ;

*Correspondance : Tél.+(226) 70383086 ; Email : sougoursi@hotmail.com

Introduction

Les pressions économiques et environnementales conduisent actuellement l'ensemble des acteurs du monde agricole à redéfinir les normes et méthodes de productions. Produire mieux, en quantité et en qualité, et dans le respect de notre environnement est le slogan du monde agricole en cette fin de siècle. Ce dernier concept correspond à une « gestion modulée des intrants (semences, eau d'irrigation, engrais, fongicides, herbicides, insecticides...) afin d'adapter aux caractéristiques hétérogènes d'une parcelle l'ensemble des travaux agricoles : travail du sol, semis, apports d'engrais, protection des cultures, irrigation... » (1). Grâce à l'aide à la décision, une optimisation du rendement agricole est possible. Selon Agrebi (2), L'aide à la décision est généralement sollicitée par les industriels et les chercheurs dans le cas où ils sont confrontés à des problèmes complexes de prise de décision. Ainsi pour Vincke (3), l'aide multicritère vise, comme son nom l'indique, à fournir à un décideur des outils lui permettant de progresser dans la résolution de problèmes de décision à plusieurs points de vue souvent contradictoires. Selon Pérez et al. (4), la prise de décision, c'est-à-dire la sélection de la solution optimale à partir d'un ensemble réalisable, est une tâche très courante présente dans presque toutes les activités humaines. Cependant, l'aide à la décision n'a pas pour but de se substituer aux décideurs en leur proposant des solutions « toutes faites ». Pour Jallas et Crétenet (5), Elle cherche d'abord à les éclairer et à les guider vers des décisions qu'ils auront la responsabilité de prendre. Par conséquent L'objectif principal de ce travail est d'améliorer le processus de sélection des variétés de semences de papaye adaptées aux conditions climatiques du Burkina Faso. Il vise à appliquer une nouvelle méthode basée sur l'extension de la méthode TOPSIS (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution) pour aider les décideurs agricoles à choisir la meilleure variété en termes d'optimisation du rendement et dans le respect des contraintes environnementales. Pour cela dans cet article il sera appliqué, une extension innovante de la méthode TOPSIS (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution) adaptée à l'évaluation multicritère des différentes variétés disponibles pour leur performance globale dans le contexte climatique Burkina Faso. Après la description de la méthode il sera présenté une analyse comparative approfondie entre les différentes variantes cultivées grâce à cette méthode améliorée, en fournissant une recommandation pratique pour la sélection de la meilleure variété adaptée aux conditions climatiques du Burkina Faso.

I-Matériel et méthodes

1) Matériel végétal

➤ Papaye Solo 8



Figure 1 : Papaye solo 8

Selon HOVOLENA (6), la papaye Solo 8 à une petite taille (300 à 500g) et un goût sucré. Ces conditions climatiques sont :

- Demande de la chaleur
- craint le gel
- Ne supporte pas l'inondation plus de 48 heures
- Exige un bon ensoleillement
- La température moyenne idéale : 25°C
- Besoin en eau : 1.500 à 2000mm de pluie bien répartie dans l'année
- Conditions idéales : climat sec avec irrigation

➤ **Papaye Formosa**



Figure 2 : Formosa

Elle présente une chair fondante rouge saumon, la variété Formosa est l'une des plus grandes : elle peut atteindre une longueur de 30 cm et peser jusqu'à 6 kilogrammes. On reconnaît le fruit mûr à sa peau jaune piquée de taches jaune-vert-rouge.

➤ **Papaye Sunrise**



Figure 3 : Sunrise

La papaye Sunrise a une chair rouge et est moins sucré que la papaye SOLO. Cependant elle a les mêmes spécificités que la papaye Solo.

➤ Papaye golden



Figure 4 : golden

Selon DUKE (7) La papaye golden a une chair rouge, de poids 300- 500gr, de forme oblongue pour les pieds hermaphrodites et rondes pour les femelles, plus résistantes aux maladies, et en forte demande sur les marchés Européens.

2) Méthode

Les données utilisées dans le cadre de cette étude ont été recueilli aléatoirement auprès de 3 personnes et ne représentent donc qu'une appréciation subjective. C'est donc une simulation de données. Il s'agit principalement dans ce travail de présenter la méthode d'aide à la décision qui pourra certainement aider les décideurs agricoles à faire le bon choix.

Selon Hwang et Yoon (8) pour résoudre un problème de décision par l'extension de la méthodes TOPSIS, les membres du groupe déterminent ensemble les actions et les critères à retenir de façon consensuelle.

Sur la base d'une échelle choisie chaque décideur évalue les critères et les actions considérées et affecte un poids à chaque critère selon l'importance accordé.

Notons :

- a) N le nombre de décideurs et D l'ensemble des décideurs ; $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$;
- b) m le nombre de critère dont l'ensemble est $\{c_1, c_2, \dots, c_m\}$;
- c) M le nombre d'action et leur ensemble $A = \{a_1, a_2, \dots, a_M\}$.
- d) w_j^k le poids affecté au critère c_j par le décideur d_k

e) $g_j^k(a_i)$ L'évaluation partielle de l'action a_i au regard du critère c_j par le décideur d_k .

f) W_j le poids global du critère c_j

g) Notons $G_j(a_i)$ la performance globale de l'action a_i au regard du critère c_j

Ainsi la matrice de jugement du décideur d_k est :

Table I : Matrice de jugement du décideur K

	c_1	c_2	...	c_m
Poids	w_1^k	.....	w_m^k	
a_1	$g_1^k(a_1)$	$g_2^k(\dots)$	...	$g_m^k(a_1)$
a_2	$g_1^k(a_2)$	$g_2^k(\dots)$	...	$g_m^k \dots \dots$
...
a_M	$g_1^k(a_M)$	$g_2^k(a_M)$	...	$g_m^k(a_M)$

En utilisant la moyenne quadratique pour déterminer les préférences globales des décideurs pour chaque alternative et la moyenne géométrique pour chaque poids. Ensuite en appliquant la méthode TOPSIS

Moyenne quadratique

La moyenne quadratique q de n valeurs x_i est obtenu à l'aide de la formule suivante :

$$q = \sqrt{\frac{\sum(x_i^2)}{n}}$$

Principe de la nouvelle méthode

Etape 1 : Pour les poids la formule qui convient est :

$$W_j = \sqrt[N]{\prod_{k=1}^N (w_j^k)}$$

Par exemple pour 3 décideurs, le poids global du critère c_1 est :

$$W_1 = \sqrt[3]{w_1^1 \times w_1^2 \times w_1^3}$$

Etape 2 : Pour la performance globale de l'action a_i au regard du critère c_j

On a :

$$G_j(a_i) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (g^k_j(a_i))^2}$$

Par exemple pour trois décideurs la performance globale de l'action a_1 au regard du critère c_2 est :

$$G_2(a_1) = \sqrt{\frac{1}{3} [(g_2^1(a_1))^2 + (g_2^2(a_1))^2 + (g_2^3(a_1))^2]}$$

La matrice de performance globale des N décideurs :

Table II: Matrice de performance globale des N décideurs

	c_1	c_2	...	C_m
Poids	W_1	W_2	...	W_m
a_1	$G_1(a_1)$	$G_2(a_1)$	...	$G_m(a_1)$
a_2	$G_1(a_2)$	$G_2(a_2)$	...	$G_m(a_2)$
...
a_M	$G_1(a_M)$	$G_2(a_M)$	...	$G_m(a_M)$

Etape 3 : Détermination de la matrice de décision normalisée.

La valeur normalisée r_{ij} est Calculée à l'aide de la formule suivante :

$$r_{ij} = \frac{G_j(a_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^M (G_j(a_i))^2}}$$

Etape 4 : Dans cette étape, on multiplie simplement toutes les entrées r_{ij} de la matrice normalisée par la pondération associée à chaque critère, donc on procède par colonne.

$$V_{ij} = W_j \times r_{ij}$$

Etape 5 : Définir l'idéal positif A^+ et l'idéal négatif A^- :

$$A^+ = (best_i(V_{i1}); best_i(V_{i2}); \dots; best_i(V_{im}))$$

$$A^+ = \{r_j^+; j = 1, 2, \dots, m\}$$

$$A^- = (worst_i(V_{i1}); worst_i(V_{i2}); \dots; worst_i(V_{im}))$$

$$A^- = \{r_j^-; j = 1, 2, \dots, m\}$$

Avec

$$best_i(V_{ij}) = \begin{cases} \max_i(V_{ij}) & \text{si } c_j \text{ est beneficial} \\ \min_i(V_{ij}) & \text{si } c_j \text{ est non beneficial} \end{cases}$$

$$worst_i(V_{ij}) = \begin{cases} \min_i(V_{ij}) & \text{si } c_j \text{ est beneficial} \\ \max_i(V_{ij}) & \text{si } c_j \text{ est non beneficial} \end{cases}$$

Pour chaque critère (attribut) on calcule la valeur associée la plus favorable A^+ en fonction de la nature du critère (favorable ou défavorable). Si le critère est favorable, on choisit la plus grande valeur de chaque colonne. Si le critère est défavorable, on sélectionne la plus petite valeur de chaque colonne.

Pour chaque critère (attribut) on calcule la valeur associée la moins favorable A^- en fonction de la nature du critère (favorable ou défavorable).

Si le critère est favorable, on choisit la plus petite valeur de chaque colonne.

Si le critère est défavorable, on sélectionne la plus grande valeur de chaque colonne

Etape 6 : La distance euclidienne entre l'idéal positif et l'idéal négatif, notées respectivement d^+ et d^- pour chaque alternative :

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_j^+ - V_{ij})^2}$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_j^- - V_{ij})^2}$$

Etape 7 : Détermination du degré de proximité au positif idéal D_i^+ . Plus D_i^+ est important plus l'alternative i est proche de l'idéal positif et loin de l'idéal négatif :

$$D_i^+ = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}$$

Etape 8 : En triant les solutions par rapport à D_i^+ et en classant les alternatives par ordre de préférence.

II-Résultats

a) Expérience

On dispose de quatre variétés de semence de papaye et cinq critères de choix. Trois décideurs ont chacune une opinion individuelle. Les décideurs sont : un ingénieur agronome, un agriculteur et un client. Il s'agit de trouver un meilleur compromis. Le problème consiste à trouver la variété la mieux adaptée aux conditions du Burkina.

$A = \{ \text{Formosa } (\mathbf{a}_1), \text{ Sunrise } (\mathbf{a}_2), \text{ Papaye solo 8 } (\mathbf{a}_3), \text{ Golden } (\mathbf{a}_4) \}$ l'ensemble des variétés de papaye. L'ensemble des critères est $F = \{ C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 \}$ où :

C_1 : Charge de production,

C_2 : Taille du fruit,

C_3 : Temps de production,

C_4 : Besoins en eau,

C_5 : Saveur du fruit

Les données sont fournies par trois (03) décideurs sous forme de notes comprises entre 0 et 10. Le poids désigne le degré d'importance du critère. L'étendu des échelles de notation peut différer d'un décideur à l'autre, et chaque critère est assujéti d'un coefficient de pondération exprimant l'importance du critère. La variété de papaye qui surclasse les autres doit être acceptée par une majorité de décideurs, et ne doit pas être rejetée trop nettement, même par un seul décideur. Chaque décideur construit sa matrice de jugement. Les différents profils sont :

Table III: Matrice de jugement du décideur 1 (ingénieur)

	Charge de Production	Taille du fruit	Temps De Production	Besoins en eau	Saveur Du fruit
Poids	6	3	2	4	3
Formosa	6	5	2	4	5
Sunrise	5	6	3	3	4
Papaye solo 8	7	5	4	6	3
Golden	6	4	5	3	6

Table IV: Matrice de jugement du décideur 2 (agriculteur)

	Charge de Production	Taille du fruit	Temps De Production	Besoins en eau	Saveur Du fruit
Poids	7	5	3	3	4
Formosa	7	6	2	3	3
Sunrise	6	5	2	5	3
Papaye solo 8	5	7	3	6	4
Golden	5	4	4	4	3

Table V: Matrice de jugement du décideur 3 (client)

	Charge de Production	Taille du fruit	Temps De Production	Besoins en eau	Saveur Du fruit
Poids	6	4	2	3	3
Formosa	6	5	2	4	4
Sunrise	7	6	3	5	3
Papaye solo 8	6	5	4	3	5
Golden	5	4	3	6	4

b) Résolution**Table VI: Matrice de performance globale des trois décideurs**

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
Poids	6.316	3.915	2.289	3.302	3.302
a_1	6.351	5.354	2.000	3.697	4.082
a_2	6.055	5.686	2.708	4.435	3.367
a_3	6.055	5.745	3.697	5.196	4.082
a_4	5.354	4.000	4.082	5.509	4.509

Table VII: Normalisation de la matrice de performance globale

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
Poids	0.330	0.205	0.120	0.173	0.173
a_1	0.532	0.510	0.310	0.412	0.506
a_2	0.508	0.542	0.420	0.494	0.418
a_3	0.508	0.548	0.573	0.579	0.506
a_4	0.449	0.381	0.632	0.502	0.559

Table VIII: Matrice Normalisée et pondérée

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
Poids	0.330	0.205	0.120	0.173	0.173
a_1	0.176	0.105	0.037	0.071	0.087
a_2	0.168	0.111	0.050	0.085	0.072
a_3	0.168	0.112	0.069	0.100	0.087
a_4	0.148	0.078	0.076	0.087	0.097

Table IX: Solutions favorables idéales A^+

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A^+	0.148	0.112	0.076	0.100	0.072

Table X: Solutions défavorables idéales A^-

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A^-	0.176	0.078	0.037	0.071	0.097

Table XI: Calcul de l'écart de la solution A^+ de chaque ligne de la matrice

Alternative	E^+
a_1	0.058
a_2	0.035
a_3	0.026
a_4	0.044

Table XII: Calcul de l'écart de la solution A^- de chaque ligne de la matrice

Alternative	E^-
a_1	0.028
a_2	0.046
a_3	0.056
a_4	0.050

Table XIII: Calcul du coefficient de proximité de la solution idéale et rangement en ordre de choix

alternative	S^*	Ordre de choix
a_1	0.325	4e
a_2	0.567	2e
a_3	0.685	1er
a_4	0.532	3e

On constate qu'avec cette méthode d'aide à la décision le meilleur choix est **la papaye SOLO 8**.

III-Discussion

La confrontation des résultats avec ceux de travaux antérieurs permet de bien les appréhender en vue de la validation scientifique.

a) **Importance de l'utilisation de l'analyse multicritère**

L'analyse multicritère repose sur un ensemble de procédures permettant de détailler un problème décisionnel portant sur des situations complexes. Dans l'analyse multicritère, on cherche un domaine de résolution pouvant tenir compte de l'ensemble des critères susceptibles d'influencer la décision. Le critère se définit comme un facteur à prendre en considération pour évaluer un scénario donné ou pour apprécier une occasion d'action selon Prével *et al.* (9) D'autres auteurs comme Mena (10) ont montré leur efficacité sur le terrain. Les principes de l'analyse multicritère à la décision (AMCD), témoignent autant d'une évolution des pratiques des utilisateurs que d'un changement profond dans les modalités du processus décisionnel. L'AMCD permet de composer avec la multiplicité, la divergence et la nature (quantitative ou qualitative) des critères en vue d'aboutir à des compromis acceptables.

b) **Efficacité de la méthode**

Dans l'article ZARE *et al.* (11), l'efficacité de cette méthode a été démontrée, elle a également été comparée à d'autres méthodes comme Lon-Zo, MACASP qui existent toutes dans la littérature scientifique.

Le présent article a montré l'importance des méthodes d'analyses multicritères dans l'améliorer du processus de sélection des variétés de semences de papaye adaptées aux conditions climatiques du Burkina Faso. Les résultats obtenus ici coïncident de façon générale avec ceux obtenus avec les méthodes lon-Zo et MACASP selon SAVADOGO *et al.* (12)

Conclusion

Tenant compte de certaines réalités du Burkina Faso, c'est-à-dire le manque d'eau et la situation financière difficile de la population, quatre variétés de papaye ont été présentées et cinq critères d'appréciations retenus. Ainsi l'appréciation de 3 décideurs a été demandée à savoir un ingénieur agronome, un agriculteur et un client ; ensuite une méthode d'aide à la décision a été utilisée pour faire un choix d'une variété de papaye.

Cette méthode d'aide à la décision a permis de faire le choix de la semence la mieux adaptée aux réalités du Burkina Faso.

Références bibliographiques

COURRIER DE L'ENVIRONNEMENT DE L'INRA vol. 2, n° 4. - 1999/1012

AGREBI M. *Méthodes d'aide à la décision multi-attribut et multi-acteur pour résoudre le problème de sélection dans un environnement certain/incertain : cas de la localisation des centres de distribution.* Intelligence artificielle[cs.AI]. Français. 2018.

PHILIPPE VINCKE. *L'aide multicritère à la décision.* 1er Ed, Ed de l'université de Bruxelles, Belgique, 1989, p18.

I.J.PEREZ, R.WIKSTRM, J.MEZEI, C. CARLSSON, K.ANAYA, E.HERRERA VIEDMA . Linguistic Consensus Models Based on a Fuzzy Ontology Information Technology and Quantitative Management. *Procedia Computer Science* 17 (2013) 498 – 505

JALLAS E., CRETENET M. *Aide à la décision en agriculture et gestion des ressources naturelles : note introductive.* Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis., 2003, P.8

HOVOLENA K. *VALY AGRI DEVELOPPEMENT: Diary* 2003. « Voly Voankazo » (Cultures Fruitières)

DUKE, J. A, *Carica Papaya L Handbook of Energy Crops.* Unpublished. - 1996

Hwang, C.L. and Yoon, K., *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications.* Springer-Verlag. (1981)

PREVIL C, THERIAULT M, ROUFFIGNAT J. *Analyse multicritère et SIG pour faciliter la concertation en aménagement du territoire : vers une amélioration du processus décisionnel ?* Cahiers de Géographie du Québec, 2003, 47(130): 35-61. URI: <http://id.erudit.org/iderudit/007968ar>, DOI: 10.7202/007968ar

BEN MENA S. 2000. *Introduction aux méthodes multicritères d'aide à la décision*. Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 4(2) : 83-93

ZARE, J. Y, ZOINABO SAVADOGO, WAMBIE ZONGO. *Extension of the TOPSIS method to group decision-making*. International Journal of Applied Mathematical Research, 2021

SAVADOGO Z., SOMÉ L. AND COMPAORÉ A. : *On new aggregation functions of additive value within the framework of the group decision*, Advances in Differential Equations and Control Processes, Volume 20, Number 2, 2019, Pages 129-141.