



Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

REVUE AGRICULTURE



Analyse hiérarchique multicritères pour évaluer des élévateurs à nacelles intervenant au sommet de palmier dattier
Using a Hierarchical Multi-criteria Analysis to Evaluate Elevators for Server the Date Palm Crown

NOURANI Ahmed*¹, KACI Ferhat² et BOUAZIZ Mohamed³

1. *Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides, Biskra, Algérie*

2. *Ecole Nationale Supérieur d'Agronomie, Alger, Algérie*

3. *Ecole nationale Polytechnique, Alger, Algérie*

Auteur correspondant : *nourani83@gmail.com

ARTICLE INFO

Reçu : 06-10-2016

Accepté : 30-12-2016

Mots clés :

Palmier dattier;
analyse hiérarchique
multicritères;
élévateurs à nacelle;
mécanisation.

Key words :

Date palm, hierarchical
multi-criteria analysis,
elevators

RÉSUMÉ

En Algérie, la culture de palmier dattier est l'une des plus importantes filières agricoles. Le palmier nécessite un entretien particulier notamment au niveau de la couronne. Ces opérations culturales nécessitent des efforts physiques pénibles et dangereux ainsi qu'un temps important de la part des phœniciculteurs, car elles sont exécutées manuellement. Différents modèles d'élévateurs à nacelles à usage divers peuvent représenter une alternative intéressante pour entretenir le palmier dattier. A cet effet, cette recherche a été effectuée pour évaluer et classer des élévateurs à nacelle de plusieurs types afin de déterminer la nacelle la plus appropriée pour la région de Biskra à l'aide de l'analyse hiérarchique multicritères(AHM) de Saaty. Les scores obtenus selon cette analyse montrent que l'élévateur à nacelle montable sur le tracteur Thomas 120 NCT est plus fiable, suivi des nacelles automotrices Airo A18 jrtd et Haulotte HA 16 PX qui représentent une alternative concrète à la méthode de grimpage de palmier.

ABSTRACT

Date palm cultivation is one of the most important agriculture activities in Algeria. The palm tree requires a special care, especially at the crown. These farmer operations require a hard and dangerous physical effort and also a significant time from the farmers for the reason that they carried out it manually. Different elevator models with various using could be an interesting alternative to serve the date palm tree. For this reason, this research was conducted to evaluate and classify a various kind of elevator to determine the most appropriate one for the Biskra region using the hierarchical multi-criteria analysis (HMA) of Saaty. The scores obtained by this analysis show that the elevator NCT Thomas 120, mountable on the tractor, is more reliable, followed by elevators Airo A18 JRTD and Haulotte HA16 PX which represent a concrete alternative to the palm tree climbing method.

1. INTRODUCTION

La culture du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) occupe une place importante dans le système de production algérien et constitue une ressource importante pour la majorité des habitants des régions sahariennes du pays. Les statistiques révèlent qu'il y a plus de 18 million de palmiers qui occupent une superficie dépassant les 160000 hectares (Benzouche et al. 2012). L'Algérie est connue pour sa production de la Deglet Nour, une variété de dattes originaire de la région de Biskra qui a une grande valeur commerciale.

Le palmier nécessite un entretien particulier, notamment, au niveau de la couronne comme la taille des palmes, les traitements phytosanitaires, la pollinisation, la limitation du nombre de régimes et la récolte (Zaid, 2002). Toutefois ces opérations culturales restent manuelles obligeant les phœniculteurs à grimper le palmier ce qui rend ces pratiques pénibles et dangereuses.

Jusqu'à présent, la majorité des phœniculteurs en Algérie grimpent manuellement sur le palmier car la méthode mécanique qui répond à tous les besoins locaux n'est pas encore connue. Différents modèles d'élévateurs à nacelles à usage général sont disponibles et peuvent représenter une alternative intéressante pour entretenir le palmier dattier. A cet égard, Mazlounzadeh et al. (2008) ont utilisé l'inférence floue afin de comparer les nacelles conçues localement en Iran. Alavi et al. (2011) ont fait une analyse hiérarchique multicritères (AHM) sur les mêmes équipements en utilisant les mêmes critères que ceux étudiés par Mazlounzadeh et al (2008).

Cette recherche a été effectuée pour évaluer et classer des élévateurs à nacelle de différents types existant en Algérie afin de déterminer celui qui est le plus approprié pour la région de Biskra, en utilisant l'AHM de Saaty (Saaty et al, 2006). Cette étude se base sur les critères adoptés par Alavi et al (2011) et Mazlounzadeh et al (2008) et sur d'autres critères spécifiques aux palmeraies du sud algérien déterminés après une enquête minutieuse (Nourani et al 2015).

1. MATERIEL ET METHODES

Dans le but de déterminer l'élévateur à nacelle le mieux adapté aux conditions locales pour effectuer les opérations culturales au niveau de la partie frondaison du palmier dattier, la méthode de l'AHM a été utilisée.

1.1. Présentation de l'AHM

L'AHM est une méthode d'analyse multicritères qui a été inventée par le mathématicien Thomas Saaty pendant les années soixante-dix (Saaty et al, 2006). Elle est destinée à aider le décideur à affiner son processus de décision en examinant la cohérence et logique de ses préférences. C'est une méthode qui peut être utilisée dans la quantification des critères qualitatifs, par le biais de sa pondération. Elle a déjà été appliquée dans différents domaines avec succès (Ramos et al 2014 ; Pugno et al, 2013 ; Vijaya kumar et al, 2010 ; Tacnet, 2009; Le Gallic et al, 2006). Cette méthode est capable d'identifier et prendre en considération les incohérences des décideurs.

1.2. Principes fondamentaux de l'AHM

L'AHM est une méthodologie rigoureuse qui se divise en une série d'étapes importantes, à savoir: la structuration de la hiérarchie, l'établissement des priorités et la vérification de la cohérence logique de l'analyse (Saaty, 2008).

1.2.1. Établissement de la structure hiérarchique

C'est une étape primordiale dans l'analyse d'un problème. A cet effet, il est important de fournir plus de détails à la hiérarchie pour avoir une bonne capacité d'analyse et un bon esprit de synthèse. Si l'analyse donne des résultats peu satisfaisants ou si la matrice se révèle incohérente, la méthode nous permet de modifier les intrants ou d'ajouter d'autres critères.

1.2.2. La structuration de la hiérarchie consiste à définir une arborescence hiérarchique de trois niveaux où l'objectif se trouve au niveau supérieur, les critères de sélection au niveau intermédiaire et les alternatives dans le niveau inférieur. Les niveaux d'une hiérarchie sont interconnectés entre eux (Saaty, 2008).

Établissement des priorités

Cette étape s'appuie essentiellement sur la comparaison binaire des différents éléments de la hiérarchie tout en alliant la pensée logique à l'expérience. La matrice présente le cadre le plus efficace pour effectuer de telles comparaisons. Cette matrice (Tableau 1) permet d'évaluer l'importance relative d'un élément (A_n) par rapport à l'autre en utilisant une échelle appropriée. Le tableau 2 présente une échelle de pondération donnée par Saaty.

Tableau 1 : Matrice de comparaison et calcule son vecteur propre

	A ₁	A ₂	A ₃	-----	A _n
A ₁	w ₁ /w ₁	w ₁ /w ₂	w ₁ /w ₃	-----	w ₁ /w _n
A ₂	w ₂ /w ₁	w ₂ /w ₂	w ₂ /w ₃	-----	w ₂ /w _n
A ₃	w ₃ /w ₁	w ₃ /w ₂	w ₃ /w ₃	-----	w ₃ /w _n
----	-----	-----	-----	-----	-----
A _n	w _n /w ₁	w _n /w ₂	w _n /w ₃	-----	w _n /w _n

Une fois la matrice de comparaison remplie, il faut calculer le vecteur propre (poids) de chacun des éléments de la hiérarchie. A cet effet, il faut additionner d'abord les valeurs de chaque colonne de la matrice. Ensuite, il faut diviser toutes les entrées de chaque colonne par le total de cette colonne pour obtenir une matrice normalisée qui permet des comparaisons significatives entre les éléments. Finalement, il faut calculer la moyenne des lignes en additionnant les valeurs figurant sur chaque ligne de la matrice normalisée et divisant ces lignes par le nombre d'entrées qu'elles comportent. Ces opérations débouchent sur un vecteur propre global pour le niveau le plus bas de la hiérarchie.

Notons ici que tous ces calculs sont effectués par le logiciel *Super Décision*, qui est un logiciel gratuit et construit selon la logique d'évaluation de Saaty.

Le vecteur propre indique l'ordre de priorité ou la hiérarchie des différents éléments étudiés. Ce résultat est important pour l'évaluation de la probabilité, puisqu'il sera utilisé pour indiquer l'importance relative de chaque élément opérant.

Tableau 2 : Échelle proposée par Saaty

Degrés d'importance de chaque caractéristique	Définition	Explication
1	Importance égale	Deux caractéristiques contribuent de la même façon à l'objectif.
3	Faible importance d'une caractéristique par rapport à une autre	L'expérience et l'appréciation personnelles favorisent légèrement une caractéristique par rapport à une autre.
5	Importance forte ou déterminante	L'expérience et l'appréciation favorisent fortement une caractéristique par rapport à une autre.
7	Importance très forte ou attestée	Une caractéristique est fortement favorisée et sa dominance est attestée dans la pratique.
9	Importance absolue	Les preuves favorisant une caractéristique par rapport à une autre sont aussi convaincantes que possible.
2, 4, 6, 8	Valeurs associées à des jugements intermédiaires	Lorsqu'un compromis est nécessaire.

1.2.3. Cohérence de jugements

Il arrive à l'occasion que la méthode AHM offre la possibilité de savoir combien sont cohérents les jugements posés. De ce fait, la première étape du calcul de la cohérence globale consiste à prendre la matrice originale, c'est-à-dire celle de l'entrée de données, et de la multiplier par les priorités relatives finales issues de la dernière étape de l'extraction des vecteurs propres. Il faut ensuite faire le total des valeurs pour chacune des lignes de la nouvelle matrice. Troisièmement, le total de chacune des lignes sera divisé par la valeur du vecteur propre qui lui est associée. En quatrième lieu, il suffit de calculer la moyenne des valeurs obtenues à l'étape précédente. Le résultat de ce calcul est représenté par λ_{max} . À ce stade, l'indice de cohérence (IC) est défini par l'équation 1.

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad \text{Éq. 1}$$

où n est le nombre de critères comparés.

Le ratio de cohérence (RC) est le rapport entre IC et un indice de cohérence aléatoire (CA) (Éq. 2).

$$RC = \frac{IC}{CA} \leq 0,1 \Rightarrow \text{on accepte la matrice}$$

L'indice CA, présenté dans le Tableau 3, est issu d'un nombre élevé de réplifications. On considère comme acceptable un ratio de cohérence inférieur à 0,10.

Tableau 3: Valeurs de l'indice de cohérence aléatoire (CA) en fonction de l'ordre de la matrice

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CA	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

1.3. Application de l'AHM pour le choix d'élévateur à nacelle

1.3.1. Sujet (objectif)

La problématique réside dans la sélection d'un élévateur à nacelle pour effectuer les opérations culturales au niveau de la couronne du palmier dattier tout en respectant les différentes exigences locales. Pour cette raison ces nacelles seront comparées dans 11 palmeraies ayant des conditions de terrain représentatives de la région. Les paramètres de palmeraies nécessaires pour résoudre le problème sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4: Les paramètres de palmeraies mesurés (Nourani et al, 2015)

Palmeraie	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Hauteur moyenne de pied (m)	6	10	8	9,68	5,38	5,20	7,70	3,90	4,80	7,40	6
profondeur moy. de réseaux d'irrigation (m)	0,75	0,50	0,30	0,40	0,40	0,45	0,40	0,50	0,40	0	0,50
espace entre les pieds (m)	6	8	8	7	9	9	8	9	8	8	8
distance entre les cuvettes (m)	3	6,5	7	6	4	4	4	3	6,5	5	4
espace entre les rangs (m)	6	7	8	7	9	9	8	9	8	8	8
relief et pente	T, A	P, A	P, A	P, A	A	A	A	P, A	P, A	P, A	P, A

Avec : T.A.= terrain très accidenté ; A= terrain accidenté ; P.A. = terrain peu accidenté.

1.3.2. Critères

Les critères retenus pour choisir un élévateur à nacelle convenable sont :

- **Prix** : comme cette étude tend à le prouver, le coût n'est pas le seul critère à évaluer lors d'un choix d'une nacelle. Les retombées générées par l'efficacité d'une nacelle justifieront le prix payé.
- **Hauteur de travail** : la hauteur de palmier dattier varie d'une exploitation à une autre. Dans la région des Zibans, la hauteur de palmier oscille entre 1,5m et 14m (Nourani et al, 2015), ce qui fait que la hauteur de travail de la plateforme élévatrice présente un critère indispensable.
- **Charge utile** : comme le but principal est de monter le travailleur au sommet du palmier, la charge utile de la nacelle doit offrir une capacité importante de la plateforme à supporter le poids du travailleur et son outillage.
- **Manœuvrabilité** : Selon Nourani et al. (2015), certains paramètres caractérisant les palmeraies peuvent constituer un facteur limitant lors de déplacement de ces engins tels que la distance entre les pieds et les rangs, la forme et la dimension de cuvettes d'irrigation, les dimensions des réseaux d'irrigations.

Nombre de palmiers traités : c'est-à-dire, combien de palmiers l'engin peut traiter dans un seul stationnement. Ce paramètre peut influencer le temps nécessaire pour couvrir toute la palmeraie dans un temps réduit.

Il est à noter que le critère de la manœuvrabilité et le nombre des palmiers traités varient suivant la palmeraie et ce sont les critères ajoutés par rapport aux études précédentes.

1.3.3. Alternatives

L'engin élévateur à nacelle est un équipement industriel qui permet de travailler en hauteur en plein pied. Il se caractérise par la technologie du système d'élévation utilisé : à ciseaux, à mât télescopique ou à bras articulé. En effet, le marché algérien ne possède pas des engins similaires construits localement. Nous avons cherché des élévateurs à nacelle importés. Dans notre recherche, nous avons sélectionné uniquement des élévateurs à nacelle qui sont disponibles en place, leurs informations techniques sont aussi communicatives auprès des fournisseurs tel que le prix, le diagramme des hauteurs et la fiche technique. De ce fait, nous avons choisi 10 élévateurs à nacelle différents. Le tableau 5 récapitule certaines caractéristiques de ces engins qui correspondent aux critères cités.

Tableau 5: Caractéristiques des engins choisis

Nacelles	Caractéristiques				
	Hauteur (m)	Charge utile (kg)	Prix (DA)	Type de traction	Système d'élévation
Manitou 180 ATJ	17,65	230	10237500	Automotrice	Articulé
Haulotte HA 32 PX	31,80	250	21060000	Automotrice	Articulé-télescopique
Haulotte HA 18 PX	17,30	230	10413000	Automotrice	Articulé
Ricklift 18m	13,00	800	15789150	Automotrice	télescopique
Airo A17 DC à chenilles	13,30	200	9594000	Automotrice	Articulé
Airo A18 jrtd	17,76	230	9594000	Automotrice	Articulé
Haulotte HA 16 PX	16,00	230	10413000	Automotrice	Articulé
Manitou 160 ATJ	16,01	230	10237500	Automotrice	Articulé
Thomas 120 NCT	12,00	250	7289528	Montable sur tracteur	Articulé
Merlo multifarmer 40,9	08,80	4000	92000000	Automotrice	Télescopique

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Établissement de la structure hiérarchique

Dans notre cas, on doit établir une hiérarchie pour le choix du meilleur élévateur à nacelle destiné à effectuer les opérations culturales au sommet du palmier. Cinq critères ont été retenus sur la base d'une enquête effectuée auprès des phoeniculteurs : le prix, la charge utile, la hauteur de travail, la manœuvrabilité et le nombre de palmiers traités. La figure 1 présente les différents composants de cette hiérarchie.

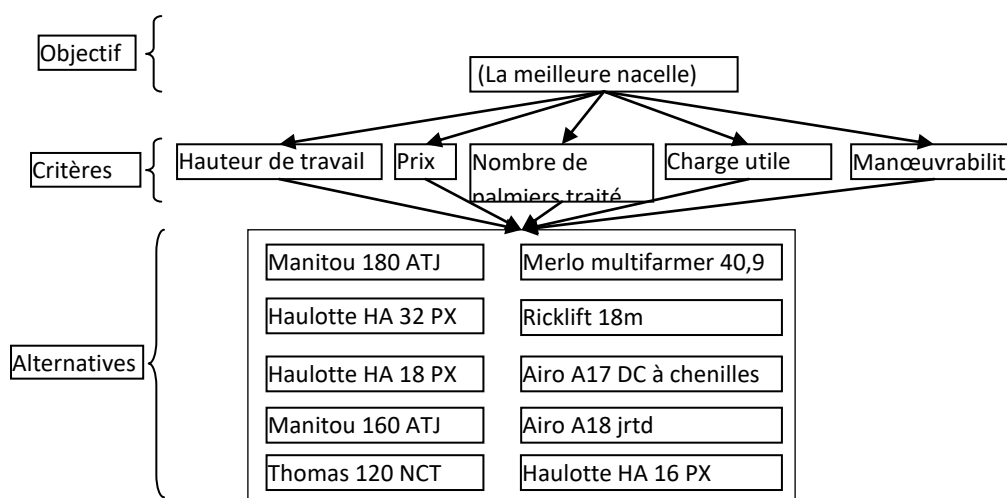


Fig. 1. Différents composants de la hiérarchie

3.2. Établissement des priorités

Une comparaison binaire entre les critères a été effectuée suite à un entretien avec des agriculteurs en se basant sur leur expérience et leurs préférences. Ensuite, on a introduit les informations nécessaires dans *Superdecision*. Le tableau 6 montre le résultat obtenu.

Tableau 6: Comparaison binaire entre les critères

Critères	charge utile	hauteur de travail	manœuvrabilité	nombre de pieds traité	Prix
charge utile	1	0,250000	6	3	0,333333
hauteur de travail	4	1	6	4	0,500000
manœuvrabilité	0,166667	0,166667	1	0,250000	0,142857
nombre de pieds traité	0,333333	0,250000	4	1	0,200000
Prix	3,000003	2	7	5	1

Après avoir obtenu un tableau de comparaison binaire rempli, les étapes de normalisation et de calcul du vecteur propre ont été effectuées par ce logiciel comme l'indique le tableau 7.

Selon le tableau 7, le vecteur propre concernant le meilleur élévateur à nacelle vis-à-vis de nos alternatives se présente dans l'ordre suivant : prix (41%), hauteur de travail (32%), charge utile (16%), nombre de palmiers traités (8%), manœuvrabilité (4%).

Il s'est avéré que le prix et la hauteur de travail représentent des critères très importants chez les agriculteurs car la somme de ces vecteurs propre est de 73%. En conséquence, chaque fois que l'engin est moins cher et que sa hauteur de travail couvre tous les palmiers, il présentera le meilleur choix.

Tableau 7: Vecteur propre de chaque critère

Critères	Normalisé
charge utile	0,156596
hauteur de travail	0,317128
manœuvrabilité	0,036316
nombre de pieds traité	0,082454
Prix	0,407507

3.3. Cohérence de jugements

L'indice de cohérence de 0,077 est inférieur à l'indice de référence 0,1 ce qui prouve que la logique de jugements est cohérente et acceptable. Nous avons évalué chaque type d'engin relativement à chaque critère pour chaque palmeraie. On a répété la même opération pour les autres palmeraies. Le tableau 8 montre les résultats obtenus. Le tableau 9 récapitule le score moyen de chaque nacelle pour toutes les palmeraies.

Selon le tableau 9, la nacelle élévatrice montée sur le tracteur a obtenu le meilleur score qui est de 0,123418 grâce à son prix très compétitif et à la fiabilité du tracteur durant son déplacement. En deuxième et troisième positions viennent les nacelles de modèle Airo A18jrtd et Haulotte HA 16 PX avec un score de 0,104440 et 0,103664 respectivement, vu le nombre important de palmiers traités et leur manœuvrabilité élevée. La nacelle Ricklift 18, pourtant destiné au palmier dattier, a obtenu le score le plus faible qui est de 0,089388. Ceci peut s'expliquer par son inadéquation aux spécificités locales.

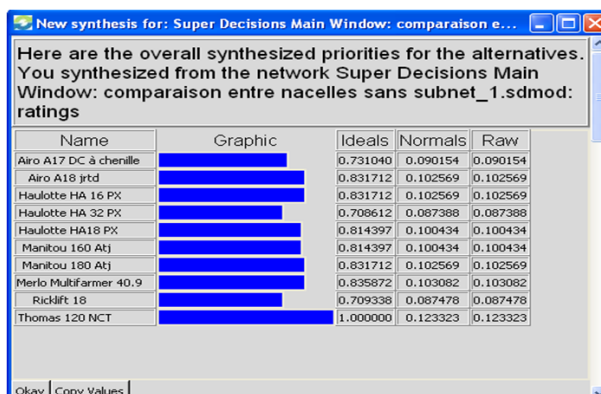


Fig. 2. Les vecteurs propres de nacelles pour la palmeraie (1)

Tableau 8: Vecteurs propres de nacelles pour les 11 palmeraies

Palmeraie Engin	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Airo A17 DC à chenille	0,0901 54	0,0953 23	0,0915 38	0,0942 29	0,0892 39	0,0892 39	0,0891 54	0,0909 05	0,0880 00	0,0884 84	0,0886 15
Airo A18 jrtd	0,1025 69	0,1101 26	0,1057 53	0,1113 23	0,1034 10	0,1034 10	0,1033 11	0,1020 47	0,1019 74	0,1022 25	0,1026 87
Haulotte HA 16 PX	0,1025 69	0,1080 19	0,1037 29	0,1069 19	0,1034 10	0,1034 10	0,1033 11	0,1020 47	0,1019 74	0,1022 25	0,1026 87
Haulotte HA 32 PX	0,0873 88	0,0920 31	0,0883 76	0,0930 31	0,0881 04	0,0881 04	0,0880 21	0,0897 50	0,0868 81	0,0857 87	0,0874 88
Haulotte HA18 PX	0,1004 34	0,1057 70	0,1037 29	0,1057 78	0,1034 10	0,1034 10	0,1011 61	0,1020 47	0,1019 74	0,1022 25	0,1026 87
Manitou 160 Atj	0,1004 34	0,1029 13	0,1015 69	0,1069 19	0,0963 69	0,0963 69	0,1011 61	0,0970 67	0,1019 74	0,1022 25	0,1005 49
Manitou 180 Atj	0,1025 69	0,1057 70	0,1037 29	0,1057 78	0,1034 10	0,1034 10	0,1011 61	0,1020 47	0,1019 74	0,1022 25	0,1026 87
Merlo Multifarmer 40,9	0,1030 82	0,0572 82	0,0865 75	0,0556 31	0,1039 27	0,1039 27	0,1038 28	0,1025 74	0,1024 84	0,1027 27	0,1032 00
Ricklift 18	0,0874 78	0,0925 12	0,0899 22	0,0931 26	0,0881 95	0,0881 95	0,0884 81	0,0898 42	0,0869 70	0,0909 67	0,0875 78
Thomas 120 NCT	0,1233 23	0,1302 54	0,1250 81	0,1272 66	0,1205 27	0,1205 27	0,1204 12	0,1216 76	0,1257 96	0,1209 09	0,1218 22

Tableau 9: Score moyen de chaque nacelle pour toutes les palmeraies

Elévateur à nacelle	Score moyen
Airo A17 DC à chenille	0,090444
Airo A18 jrtd	0,104440
Haulotte HA 16 PX	0,103664
Haulotte HA 32 PX	0,088633
Haulotte HA18 PX	0,102966
Manitou 160 Atj	0,100686
Manitou 180 Atj	0,103160
Merlo Multifarmer 40,9	0,093203
Ricklift 18	0,089388
Thomas 120 NCT	0,123418

4. CONCLUSION

L'analyse hiérarchique multicritère offre la possibilité de bien choisir l'engin le plus adéquat à nos palmeraies. Les scores obtenus suite à cette analyse montrent la fiabilité de l'élévateur à nacelle montable sur le tracteur Thomas 120 NCT. Ce résultat d'analyse encourage les constructeurs locaux à fabriquer des nacelles de ce type. Les nacelles automotrices du modèle Airo A18 jrtd et Haulotte HA 16 PX peuvent représenter une alternative concrète à la méthode de grimpage de palmier.

Références bibliographiques

Adamcsek, E. 2008. The Analytic Hierarchy Process and its Generalizations. Master thesis. Eötvös Loránd University, Hungary.

Alavi, N., Mazloumzadeh, S.M. and Nozari, V. 2011. Analytical hierarchy process for evaluation of general purpose lifters in the date palm service industry. *Journal of Agricultural Technology*, 7(4): 923-930.

- Al-Suhaibani, S.A., A.S. Babaeir, and J.Kilgour. 1990. Design specification of a date palm service machine. *Agriculture mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 21(4):53-60.
- Benziouche, S. E., and F.Cheriet.2012. Structure et contraintes de la filière dattes en Algérie. *New Medit*, 11 (4): 49-57.
- DelVecchio, S. 2006. Mesure quantitative des impacts de risque en contexte d'impartition. Mémoire de maître ès sciences. Université De Montréal, Canada.
- Le Gallic, B., S. Mardle et J. Boncoeur. 2006. Les objectifs d'une politique publique vus par les acteurs : une analyse multicritères de la politique commune de la pêche. *Économie publique/Public economics*, URL : <http://economiepublique.revues.org>.
- Mazlounzadeh S.M., M. Shamsi and H. Nezamabadi-pour. 2008. Evaluation of general-purpose lifters for the date harvest industry based on a fuzzy inference system, *Computers and Electronics in Agriculture* 60(1):60-66. doi:10.1016/j.compag.2007.06.005
- Nourani, A., A.Kadri, M.Mehenni, and A. Salem. 2015. A Survey on some date palm orchards parameters applicable in date palm mechanization. *Agriculture Engineering International: CIGR Journal*, 17(1):22-29.
- Pugnet, L. et E. Maillé. 2013. Analyse multicritères pour l'évaluation de la vulnérabilité des interfaces habitat-forêt. *International conference on forest fire risk modelling and mapping*, Aix en Provence, France.
- RAMOS, A., L. CUNHA and P.P. CUNHA. 2014. Application de la Méthode de l'Analyse Multicritère Hiérarchique à l'étude des glissements de terrain dans la région littorale du centre du Portugal : (a) Figueira da Foz – Nazaré. *Geo-Eco-Trop.*, 38 (1): 33-44.
- Saaty, T. L. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *international journal services sciences*, 1 (1) : 83-98.
- Saaty, T.L. and Luis G. Vargas. 2006. *Decision making with the analytic network process*, New York, NY 10013, USA, Springer Science + Business Media LLC.
- Shamsi, M., 1998. Design and development of a date harvesting machine. PhD thesis. Silsoe College, Cranfield University. UK.
- Tacnet, J. M. 2009. Prise en compte de l'incertitude dans l'expertise des risques naturels en montagne par analyse multicritère et fusion d'information. Thèse de doctorat, Environnemental Sciences. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, France.
- Vijaya kumar, M.N., A.V. Suresh and K.N. Subramanaya. 2010. Application of an Analytical Hierarchy Process to Prioritize the Factors Affecting ERP Implementation. *International Journal of Computer Applications*, 2(2): 1-6.
- Zaid, A. and E. J. Arias-Jimenez. 2002. Date palm cultivation, FAO publication No. 156, Rome.