

LES ESSAIS DE LA MOISSONNEUSE BATTEUSE « AXIAL-FLOW 1660 » INTERNATIONAL HARVESTER DANS LES ZONES SAHARIENNES

Reçu le 30/06/2003 – Accepté le 20/02/2005

Résumé

La moissonneuse-batteuse AXIAL-FLOW, fabriquée par la firme américaine Case-IH, a longtemps été utilisée en zone saharienne. Nous avons suivi son évolution sur plusieurs campagnes afin de déterminer les pertes en grain de céréale et la qualité de travail, et donc de proposer des réglages adéquats.

Chaque année, on constate que la quantité de grains ramassés ne correspond pas à la quantité estimée, une perte importante est signalée (plus de 10%) car les agriculteurs font peu cas des réglages de la machine.

Les réglages que nous avons contrôlés ont porté essentiellement sur la variation des vitesses d'avancement de la machine et des vitesses de rotation du batteur lors de la moisson des cultures de blé dur et de blé tendre. L'objectif étant de rechercher des couples de vitesses (avancement et batteur) adéquats c'est-à-dire qui limitent les pertes aux normes internationales.

Mots clés: Moissonneuse-batteuse AXIAL-FLOW, perte en grain, vitesse d'avancement, vitesse du batteur, qualité du travail.

Abstract

Combine harvester AXIAL-FLOW, manufactured by the American firm CASE-IH was used a long time in Sahara zone. We followed its evolution on several campaigns in order to determine the losses in grain and the quality of work, and thus to propose adequate adjustments.

Each year, it is noted that the quantity of collected grains does not correspond to the estimated quantity; a significant loss is announced (more than 10%) because the farmers make little case of the adjustments of the machine.

The adjustments which we controlled related primarily to the variation rates of advance of the machine and the number of revolutions of the beater. The objective being to seek couples speeds (advance and beater) adequate i.e. which limit the losses to the international standards.

Keywords: Combine harvester AXIAL-FLOW, loss in grain, rate of advance, speed of the beater, quality of work.

F. KACI

Institut National Agronomique
El Harrach, Alger, Algérie

ملخص

Axial-Flow 1660

.Case-IH

.(10%)

(le batteur)

La maîtrise du fonctionnement des machines utilisée en agriculture et leur adaptation sont l'atout majeur pour une bonne réussite des travaux agricoles. Souvent, les conseils donnés par les constructeurs quant aux réglages des différents éléments des machines s'avèrent non adéquats aux conditions réelles d'utilisation voir (4-6). Ceci est d'autant plus vrai dans les zones sahariennes où les conditions, notamment climatiques, sont très différentes de celles du nord du pays.

L'intérêt de ce travail réside dans l'adaptation d'une moissonneuse-batteuse nouvellement utilisée en Algérie << l'Axial-Flow >>, machine non conventionnelle, aux conditions souvent très sèches du grain à la récolte.

Nous avons suivi l'évolution de cette machine sur plusieurs campagnes de moissons battages dans le souci de l'adapter à chaque fois aux exigences de la culture de dur blé et de blé tendre afin de cerner les réglages convenables.

L'objectif principal du travail est d'arriver à limiter les pertes aux normes internationales en proposant des couples de vitesses adéquats, entre l'avancement et le batteur, sachant que les pertes à la récolte sont élevées et dépassent souvent les 10 %.

MATERIEL ET METHODES

Les essais se sont déroulés au niveau d'une exploitation agricole dans la région de Ouargla. Cette exploitation s'étale sur une superficie de 912 hectares en irrigué dont 30% des eaux possèdent un taux de salinité supérieur à 5g/l; l'irrigation se fait par des centres pivots de 52 hectares chacun.

Matériel

Matériel de récolte

La machine utilisée lors de cette récolte de céréales est la moissonneuse-batteuse à battage axial de marque <<Case

international 1660>> dont les caractéristiques principales sont données dans le tableau 1.

MATERIEL VEGETAL

Deux variétés de blé ont été récoltées; il s'agit du blé dur (Mexicali) et du blé tendre (Ccinia) sur deux parcelles de deux hectares chacune.

Tableau 1: Caractéristiques principales de la machine utilisée.

Largeur de coupe		7.70m
Rotor et cage	Diamètre et longueur	0.61 – 2.82 m
	Nombre de pales de l'engrenneur	03
	Régime	280 – 650 tr/mn 530 – 1260 tr/mn
Contre batteur	Angle d'enroulement	143°
	Surface totale	0.92 m ²
	Surface totale calculée pour céréales	3.68m ²
Grilles de séparation	Nombre et type	0.3 – lisse
	Surface totale des grilles	0.60 m ²
	Surface de séparation cage	0.62 m ²
	Surface totale calculée pour céréales	8.56 m ²
Grilles de nettoyage	Coffre de nettoyage	sous-pression
	Surface totale sous l'action du vent	4.14 m ²
Ventilateur	vitesse	380 à 1200 tr/mn

METHODES

Pour la fiabilité des résultats et afin d'éviter l'effet de bordure ainsi que l'hétérogénéité du rendement due à l'irrigation, les prélèvements des échantillons sont pris, selon les parcours, soit au centre de la parcelle, soit à la périphérie ; cinq parcours ont été réalisés par parcelle.

Après la mise en charge de la machine, sur une distance de 100m, une bâche se déroule pour l'évaluation des pertes; durant le même temps, un opérateur prélève un échantillon

de grain à la sortie de la vis de remplissage de la trémie pour analyser la qualité du travail.

Pour diminuer les pertes, et conformément aux travaux de (3-7), la hauteur de coupe a été limitée par le réglage du tablier de coupe.

Les combinaisons de réglage réalisées lors des essais sont données dans le tableau 2. La parcelle 1 concerne le blé dur, et la parcelle 2 concerne le blé tendre.

Tableau 2: Combinaisons des réglages, par parcelle, réalisés lors des essais.

Parcours	Vitesse d'avancements (Va) en Km / h		Vitesse de rotation du batteur (Vb) en tour / mn					
	Parcelle N° 1	Parcelle N° 2	Vb 1 700	Vb 2 800	Vb 3 900	Vb 4 1000	Vb 5 1100	Vb 6 1200
A	Va 1 = 1.5	Va 1 = 2.2	+	+				
B	Va 2 = 2.6	Va 2 = 3.0		+	+			
C	Va 3 = 3.2	Va 3 = 3.6			+	+		
D	Va 4 = 4.3	Va 4 = 4.5				+	+	
E	Va 5 = 5.2	Va 5 = 5.15					+	+

Les vitesses d'avancement de la machine et de rotation du batteur sont choisies selon l'état de la culture au moment de la récolte (9). Plus cette dernière est importante et dense plus la vitesse d'avancement sera réduite et il faut trouver la vitesse convenable de rotation du batteur pour éviter le bourrage et limiter la casse du grain. Il est par conséquent nécessaire de tester plusieurs couples de vitesses possibles Va et Vb.

A la suite des résultats obtenus, nous avons appliqué la méthode de la similitude et de l'analyse dimensionnelle, outil mathématique très simple, qui nous a permis de mettre en évidence les combinaisons de vitesses optimales, c'est à dire des combinaisons qui limitent les pertes et la qualité de travail aux normes internationales (2) sans avoir à réaliser

une multitude d'essais. Pour expliquer brièvement la méthode, on considère que :

- Le symbole m représente la capacité du batteur exprimée par la masse de récolte qui pénètre dans le mécanisme de battage par unité de temps,

- Le symbole p représente la masse d'un paramètre étudié (ici la perte et la qualité du grain) qui se produit pendant un temps t,

- Les symboles Va et Vb représentent les vitesses d'avancement de la machine et les vitesses de rotation du batteur dont les variations influent directement sur la capacité de travail de la machine et donc déterminent le niveau de perte et de qualité de travail. Ainsi on définit la relation suivante :

$$\frac{p}{m} = c \left(\frac{Va}{Vb} \right)^a$$

Cette relation est une équation de la forme $Y = a x$.

RESULTATS

Le tableau 3 présente quelques paramètres importants concernant les cultures de blé dur et de blé tendre.

Tableau 3: Etat du blé au moment de la récolte.

Paramètres	Blé dur (Mexicali)	Blé tendre (C. Cinia)
Rendement (qx/ha)	35.5	20
Nombre d'épis au m ²	42.4	370
Nombre de grains par épi	22	18
Rapport massique paille/grain	1.6	1.7
Poids de mille grains (g)	38	30
Hauteur moyenne des tiges (cm)	53.2	42
Humidité du grain (%)	9	8
Humidité de la paille (%)	8	7

Les expressions p/m et Va/Vb sont des nombres adimensionnels.

Les constantes c et a sont déterminées par la méthode de régression linéaire par les moindres carrés.

On constate que le taux d'humidité est très faible (8 à 9 %) et que la température journalière à l'époque de la récolte dépassait souvent les 30°C. Dans les tableaux 4 et 5 sont représentées les moyennes retenues pour les paramètres contrôlés à savoir le taux de perte, le taux de casse et le taux d'impureté. Ces paramètres (4) sont importants pour la connaissance des pertes à la récolte mais aussi pour l'estimation de la qualité et la détermination du prix du produit obtenu.

Les résultats de la régression présentés dans les tableaux 6 et 7 donnent les équations obtenues pour chaque paramètre étudié et pour les deux parcelles. Les coefficients de corrélations sont très corrects pour la parcelle n°1 et assez corrects pour la parcelle n°2. Cette dernière a été récoltée un peu plus tard, les céréales étaient plus sensibles à l'action mécanique de la machine.

Le nombre de mesures effectuées est de 10, la variable indépendante étant unique le degré de liberté (DDL) dans ce cas est de $10-1=9$.

Parcours	Facteurs variables		Paramètres contrôlés			
	Combinaisons de vitesses		Nombre d'échantillons	Taux de perte (%)	Taux de casse (%)	Taux d'impureté (%)
	Vitesses d'avancement (Va)	Vitesse de rotation (Vb)				
A	Va 1	Vb 1	5	0.23	1.8	4.0
	Va 1	Vb 2	5	0.31	1.4	3.2
B	Va 2	Vb 2	5	0.50	1.1	3.0
	Va 2	Vb 3	5	0.47	1.1	3.0
C	Va 3	Vb 3	5	1.0	0.9	2.0
	Va 3	Vb 4	5	1.1	0.6	1.0
D	Va 4	Vb 4	5	0.98	0.8	0.8
	Va 4	Vb 5	5	0.85	0.8	0.8
E	Va 5	Vb 5	5	0.85	0.7	0.7
	Va 5	Vb 6	5	1.18	0.7	0.8

Tableau 4: Résultats expérimentaux des paramètres contrôlés de la parcelle 1.

Parcours	Facteurs variables		Paramètres contrôlés			
	Combinaisons de vitesses		Nombre d'échantillons	Taux de perte (%)	Taux de casse (%)	Taux d'impureté (%)
	Vitesses d'avancement (Va)	Vitesse de rotation (Vb)				
A	Va 1	Vb 1	5	2.8	2.1	7.1
	Va 1	Vb 2	5	2.3	3.7	5.3
B	Va 2	Vb 2	5	1.7	2.1	4.8
	Va 2	Vb 3	5	1.2	2.0	3.7
C	Va 3	Vb 3	5	1.2	1.7	2.6
	Va 3	Vb 4	5	0.8	1.6	2.2
D	Va 4	Vb 4	5	0.9	1.0	2.0
	Va 4	Vb 5	5	2.0	0.8	0.9
E	Va 5	Vb 5	5	0.9	0.3	3.0
	Va 5	Vb 6	5	1.0	0.2	3.0

Tableau 5: Résultats expérimentaux des paramètres contrôlés de la parcelle 2.

Tableau 6: Equations des paramètres étudiés, parcelle 1.

Paramètres étudiés	Equations	Coefficients de corrélations
Pertes	$P/m = 0.20 (Va/Vb)^{-1.65}$	$r = 0.53$
Casses	$P/m = 0.29 (Va/Vb)^{-0.92}$	$r = 0.66$
Impureté	$P/m = 0.13 (Va/Vb)^{-1.92}$	$r = 0.71$

Tableau 7: Equations des paramètres étudiés, parcelle 2.

Paramètres étudiés	Equations	Coefficients de corrélations
Pertes	$P/m = 0.21 (Va/Vb)^{-1.65}$	$r = 0.45$
Casses	$P/m = 0.01 (Va/Vb)^{-4.18}$	$r = 0.64$
Impureté	$P/m = 0.29 (Va/Vb)^{-2.04}$	$r = 0.37$

DISCUSSION

Comparativement aux normes internationales dont les limites admissibles de pertes et de qualité de travail ne doivent pas dépasser 1 %, surtout pour les récoltes destinées à la semence, on peut conclure que pour la récolte de blé dur, seulement trois combinaisons de vitesses, entre les vitesses d'avancement et les vitesses du rabatteur (Va/Vb) sont à retenir à savoir : $Va4 / Vb4$, $Va4 / Vb5$, $Va5 / Vb5$. Pour la récolte de blé tendre seule la combinaison $Va4 / Vb4$ peut être retenue.

Le rapport Va/Vb nous renseigne sur le comportement des pertes de la qualité de travail, tenant compte de l'action simultanée des deux paramètres du rapport, ce qui donne une image assez proche des conditions réelles de battage de la machine.

L'influence des deux paramètres pris séparément a été étudiée par (5), par contre leur action simultanée a été rarement abordée d'où l'originalité de l'expérimentation que nous avons réalisée.

Sur la base des résultats de la régression linéaire nous avons défini les rapports Va et Vb en adéquation avec les pertes admissibles.

Tableau 8: Combinaisons de réglages pour des pertes admissibles.

Vitesse de la machine Va		Vitesse de rotation du batteur Vb	
Km/h	m/s	tr/mn	m/s
2.41	0.67	700	22.34
2.73	0.76	800	25.53
3.09	0.86	900	28.73
3.42	0.95	1000	31.92
3.78	1.05	1100	35.11
4.10	1.14	1200	38.30

Tableau 10: Combinaisons de réglages pour des pertes admissibles.

Vitesse de la machine Va		Vitesse de rotation du batteur Vb	
Km/h	m/s	tr/mn	m/s
3.13	0.87	700	22.34
3.58	0.99	800	25.53
4.03	1.12	900	28.73
4.48	1.24	1000	31.92
4.92	1.36	1100	35.11
5.37	1.49	1200	38.10

Concernant le blé dur, pour l'obtention d'un taux de perte inférieur à 1 % par une moissonneuse-batteuse "Axial-Flow" dans des conditions de travail similaire, nous devons effectuer les réglages présentés dans le tableau 8.

Ces combinaisons ont été obtenues à partir d'un rapport $Va/Vb = 0.037$; connaissant la valeur de Vb on déduit la valeur de Va .

Pour la qualité de travail, les réglages optimaux sont donnés dans le tableau 9. Ces combinaisons sont obtenues à partir d'un rapport $Va/Vb = 0.030$.

Concernant le blé tendre, pour obtenir un taux de pertes admissibles, les réglages préconisés sont donnés dans le tableau 10 pour une valeur du rapport $Va/Vb = 0.039$.

Pour la qualité de travail les réglages optimaux sont donnés dans le tableau 11. Ces combinaisons sont obtenues à partir d'un rapport $Va/Vb = 0.028$.

Il est important de mentionner que la combinaison des réglages est spécifique à la culture. Malheureusement, en Algérie, on ne tient souvent pas compte de ces aspects au moment de la récolte des blés et on ne fait aucune distinction entre les parcelles de blé dur et celle de blé tendre ce qui augmente les pertes à la récolte tout en diminuant fortement la qualité du travail (casse, impureté, etc.).

Tableau 9: Combinaisons de réglages pour une qualité de travail optimale.

Vitesse de la machine Va		Vitesse de rotation du batteur Vb	
Km/h	m/s	tr/mn	m/s
2.41	0.67	700	22.34
2.73	0.76	800	25.53
3.09	0.86	900	28.73
3.42	0.95	1000	31.92
3.78	1.05	1100	35.11
4.10	1.14	1200	38.30

Tableau 11: Combinaisons de réglages pour une qualité de travail optimale.

Vitesse de la machine Va		Vitesse de rotation du batteur Vb	
Km/h	m/s	tr/mn	m/s
2.25	0.62	700	22.34
2.57	0.71	800	22.53
2.89	0.80	900	28.73
3.21	0.89	1000	31.92
3.53	0.98	1100	35.11
3.86	1.07	1200	38.10

CONCLUSION

Dans l'ensemble, on peut dire que la plupart des auteurs dénoncent la complexité du problème de pertes en grains à la récolte mécanisée.

La capacité réelle de la moissonneuse-batteuse étant étroitement liée à la vitesse d'avancement et à la vitesse de rotation du batteur, plus le volume de la matière absorbée par la machine est importante plus le risque de perte est important.

La méthode de la similitude et de l'analyse dimensionnelle nous a permis de limiter le nombre d'essai et de connaître les combinaisons de réglages qui limitent les pertes et adaptent la qualité de travail aux normes internationales.

Cette machine convient mieux aux conditions de récoltes de rendements élevés. Ces résultats confirment ceux de beaucoup d'auteurs, qui montrent que dans des conditions comparables, la moissonneuse-batteuse AXIAL-FLOW permet de réaliser trois fois moins de pertes que la moissonneuse-batteuse à flux tangentiel .

REFERENCES

- [1]- Fairbanks G.E., Johnson W.H., Schrok M.D.–1978: Fields comparisons of rotary and conventional combines in wheat. *Revue of transaction of the ASAE* N° 78, pp. 15 – 91.
- [2]- Kaminski E., Kesraoui H., Adjroudi R. –1985 : théorie de la similitude et de l'analyse dimensionnelle dans l'expérimentation en machinisme agricole. Cours de méthodologie des essais à l'usage des étudiants- Doc. Polyc. I.N.A., Alger.
- [3]- Klinner W.E. –1979: reducing field loss in grain harvesting operation. *Journal of Agricultural Engineering Research*, N°24, pp. 23 – 27.
- [4]- Leflury M.J., Stone G.T. –1983: speed control of a combine harvester to maintain specific level of measured threshing grain loss. *Journal of Agricultural Engineering Research*, N° 28, pp. 39 – 49.
- [5]- Mc Ghechan M.B., Glasbey C.A. –1982: benefits of different forward speed control systems for combine harvesters. *Journal of Agricultural Engineering Research*, N° 27, pp. 19 – 27.
- [6]- Mem-Muszaki I. –1981: method and apparatus for controlling a harvesting combine. *Canadian Agricultural Engineering*, N° 23, pp. 83 – 87.
- [7]- Nyborg E.O. –1964: a test procedure for determining combines capacity. *Canadian Agricultural Engineering*, N° 6, pp. 79 – 90.
- [8]- Petre I. Miu -2002 : Modèle mathématique de procédé de battage dans une Unité axiale avec l'alimentation tangentielle. Écrit pour la présentation à la Réunion D'Aic 2002 Programme de Csa/scgr Saskatoon, Saskatchewan Juillet 14 - 17, 2002.
- [9]- Swapan Kumar Roy -2000: Performance Evaluation of a Combine Harvester in Malaysian Paddy Field. Institute of bioscience, Faculty of Engineering, University Putra, MALAYSIA.