

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique Et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique  
المدرسة الوطنية العليا للفلاحة  
الحراش-الجزائر  
École Nationale Supérieure Agronomique  
El-Harrach – Alger

**MEMOIRE DE MAGISTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES**

**Spécialité : Machinisme Agricole**

*Présenté et soutenu publiquement*

*Par*

**MOHAMMEDI Zékari**

**Le 14 Mars 2012**

**Étude des résultats d'essais sur les performances de deux  
moissonneuses batteuses à la récolte des céréales dans la région de  
la Mitidja.**

**Jury:**

**Président:** M. AIDAOUI A. Professeur (ENSA- El-Harrach)  
**Directeur de Thèse :** M. KACI F. Maître de Conférences (ENSA- El-Harrach)  
**Examineurs :** M. BOUAZIZ M. Professeur (ENP- El -Harrach)  
M. GOUCEM S. Chargé de Cours (ENSA- El-Harrach)

# Étude des résultats d'essais sur les performances de deux moissonneuses batteuses à la récolte des céréales dans la région de la Mitidja.

## Résumé

Le présent travail s'intéresse à l'étude des performances de deux moissonneuses batteuses de **120 cv** appartenant à la catégorie des machines conventionnelles avec **4** secoueurs, **SAMPO** Rosenlow de la technologie finlandaise et **PMA** de la technologie **CLAAS** Dominator qui fabriquée depuis les années soixante-dix en Algérie à l'usine de **CMA** de Sidi Bel-Abbès.

L'essai réalisé à Mitidja, à la station du Centre National de l'Insémination Artificielle et de l'Amélioration Génétique (**CNIAAG**), de Baba Ali, où la pente des sols est négligeable et la récolte intense, sur deux parcelles et deux variétés de blé (blé tendre Anza et blé dur Chen's). Dans des conditions de récolte très sèches. Pour juger de leurs performances, quatre critères ont été retenus : le débit, la qualité du produit récolté et sa propreté ainsi que l'état de la paille laissée par la machine.

L'analyse des résultats expérimentaux des deux machines nous révèle que la **SAMPO SR 2045** et mieux que **CLAAS PMA**, s'adapte très bien aux conditions dans lesquelles elle était testée. Cette machine offre une grande qualité de travaille.

**Mots clé** : moisson, battage, moissonneuse batteuse, pertes en grains, SAMPO, CLAAS PMA.

## دراسة النتائج الإختبارية للكفاءة العملية لماكنتي الحصاد والدرس في منطقة المتيجة

### ملخص

تهتم هذه الدراسة في مدى نجاعة إختيار تركيب الحصادة الفنلندية صامبو في الجزائر وقدرتها على العمل في الظروف المتوفرة عندنا، لذا سنقوم بعملية دراسة للكفاءة العملية للحصادة ونظيرتها من نوع كلاص دوميناتور في صنفها آفاق واحد أو PMA المصنعة منذ السبعينات بمعية الصانع الألماني كلاص. صامبو لا نعرفه كثيرا في ميدان صناعة الآليات الفلاحية.

تمت التجربة في المركز الوطني للتلقيح الصناعي ببابا علي بئر التوتة أي في السهول المتيجية المتميزة باعتدال سطحها، وندرة انحدارها، فالمكان مناسب للتجربة. على نوعين من القمح لين وصلب. في ظروف مناخية جد حارة، واعتمدنا على أربع خاصيات لإختبار الآلتين: كمية الحصد، كمية الفواقد، قدرة تنظيف المحصول ونوعية التبن.

كما بينت نتائج إختيار الفقد للمكنتان وذلك في نوعين من القمح، إلى نفس النتائج وهو تفوق صامبو على كلاص من جميع نواح العمل. حيث تم خلالها التغيير في سرعة تقدم الماكنة، وسرعة دوران الدراس، وجهاز الضم والمروحة. فكانت الفواقد المسجلة لدى كلاص عالية. كما أن نوعية القمح المستخلص من خزان القمح لصامبو يبدو خال الشوائب والكسر، وكذا نوعية القش ممتازة للاستعمال الحيواني. فبالعكس ففي كلاص نوعية نوعية القش رديئة، فهي طولية في الغالب.

تحليل النتائج أثبتت تفوق حصادة صامبو على PMA وذلك في الظروف التي اختبرت فيها الآلتان.  
**الكلمات الإفتتاحية**: الحصد، الدرس، الحصادات، الفواقد أثناء الحصاد، آفاق كلاص، صامبو.

## Study of test results on the performance of combine harvesters to harvest grain in the region of Mitidja.

### Abstract:

This work focuses on the study and to test two combine harvesters to **120 hp** in the category of conventional machines with **4** shakers, **SAMPO** Rosenlow Finnish Technology and **PMA** Technology **CLAAS** Dominator which manufactured from seventies in Algeria at the factory **CMA** of Sidi Bel-Abbes.

The trial in Mitidja at the central station of the National Artificial Insemination and Genetic Improvement (**CNIAAG**), Baba Ali, where the slope is negligible soil and harvest intensity on two plots and two varieties wheat (soft wheat and durum wheat **Anza** and **Chen's**). In very dry harvest conditions. To judge their performance, four criteria were used: flow rate, the quality of the harvested product and cleanliness and the condition of the straw left by the machine.

Analysis of experimental results on both machines reveals that the **SAMPO SR 2045** and better than **CLAAS PMA** fits very well the conditions under which it was tested. This machine offers a high quality of work.

**Keywords**: harvesting, threshing, combine harvester, grain losses, **SAMPO**, **CLAAS PMA**.

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail  
À la mémoire de mon Père, MOHAMED(Hamou).*

*À ma Mère.*

*À mes Frères.*

*À mes Sœurs.*

*A Khaled & Djamel.*

*Aux petits : Meriem, Abdallah, Aya, Mohamed, Brahim, Islam, Didou, Nouh,  
Younes.*

*A toutes ma famille, grande et petite.*

*A tous enseignants qui m'ont cadré pendant toute ma scolarité depuis que  
J'étais petit.*

*À mes très chers amis qui ont apporté que du bonheur à ma vie,  
et particulièrement à : Amine, Krimo, Méroïne, Khaled, Midou, Méroïne, Habib,  
Ahmed.*

*Et enfin à toute personne qui reconnaîtra son empreinte sur ce modeste  
travail, que dieu nous réunisse dans son vaste paradis Incha Allah.*

*Foirs*

*MOHAMMEDI Z.*

# Remerciements

*Je tiens avant tout à remercier Dieu tout puissant de m'avoir donné force et volonté pour achever ce modeste travail.*

*Je voudrais exprimer toute ma reconnaissance à mon directeur de thèse Monsieur **KACI F.** Maître de conférences à l'ENSA, pour le temps qu'elle m'a accordé, son aide et son soutien tout au long de ce travail.*

*Je remercie Monsieur **AIDAOUI A.** Professeur à l'ENSA, d'avoir accepté de présider le jury de soutenance.*

*Je remercie, Monsieur **BOUAZIZ M.** Maître de Conférences à l'ENP et Monsieur **GOUCEM S.** Chargé de Cours à l'ENSA d'avoir accepté d'examiner le document et faire partie du jury de soutenance.*

*Un grand merci à tous les membres de l'équipe de **CNIAAG** de **Baba Ali** qui m'ont accueilli avec tant de gentillesse et m'ont accompagné au cours de ces trois semaines de récolte : **BOUHAZEM H.** (responsable de la station), **Omar** et **Mouloude** (les deux chauffeurs). Merci pour leur soutien, leur amitié et pour leur bonne humeur.*

*Je remercie également les gens de **CCLS d'AL-Affroun**, qui m'ont apportés leur soutien technique durant la période de préparation de la saison Moisson-Battage 2011 : Monsieur **BOUHLALI R.** (Directeur de **CCLS**), **DERIOUCHE O.** (Responsable de la motoculture) et **DJELLALI M.** (Responsable de maintenance et d'entretien des moissonneuses batteuses).*

*Je remercie chaleureusement notre jeune ingénieur **AZIZANE H.** pour sa volonté et sa coopération pour la collecte des résultats de ce travail.*

*Je remercie également tous mes enseignants « **sans exception** » ainsi que la section **Machinisme Agricole et Agroéquipement** et le personnel du **Génie Rural** de l'ENSA (ex-**L'INA**) pour leur aide.*

*Je tiens aussi à remercier toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*\*\*\*Un grand merci à tous\*\*\**



# SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
PREMIERE PARTIE_ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
CHAPITRE I : LA RECOLTE DES CEREALES EN ALGERIE.....	5
I.1 Introduction.....	6
I.2 Superficies.....	6
I.3 Production et besoin.....	7
I.4 Principales régions céréalières.....	8
I.5 Importance du parc national en moissonneuses batteuses.....	8
I.6 Le coût d'utilisation de la moissonneuse batteuse en Algérie.....	10
I.7 Fabrication des moissonneuses batteuses en Algérie.....	11
I.7 Projet de fabrication les moissonneuse batteuses SAMPO.....	12
I.8 Présentation de la ferme finlandaise SAMPO Rosenlew.....	13
I.9 Exportation des moissonneuses batteuses algérienne.....	14
I.9 Conclusion.....	15
CHAPITRE II : ETUDE DES SYSTEMES DE BATTAGE ET DE SEPARATION.....	16
II.1 Introduction.....	17
II.2 Machine conventionnelle.....	17
II.2.1 Dispositif de battage.....	18
II.2.1.1 L'engreneur.....	18
II.2.1.2 L'épierreur.....	18
II.2.1.3 Le batteur.....	19
II.2.1.4 Le contre - batteur.....	19
II.2.1.5 Le tire paille.....	20
II.2.2 Mode de fonctionnement de battage tangentiel.....	20
II.2.2.1 Vitesse du batteur et écartement batteur contre- batteur.....	21
a) Vitesse du batteur.....	21
b) Écartement entre le Batteur et le Contre-batteur.....	21
II.2.3 Dispositif de séparation.....	21
II.2.4 Séparateur Rotatif.....	22
II.2.5 Système de nettoyage.....	23
II.3 Machines non conventionnelles.....	25
II.3.1 Machine à séparation forcé.....	26
II.3.1.1 Séparateur rotatif à double flux (TWIN -FLOW) de NEW HOLLAND.....	26
II.3.1.2 Séparation par Cylindre multiple (CS) de CLAAS.....	27
II.3.2 Machine à battage, séparation axial.....	28
II.3.2.1 Batteur-Séparateur axial à mono rotor.....	29
II.3.3.1.1 Axial flow de CASE IH.....	29
II.3.3.1.2 STS (système de progression en trois phases) axial de JOHN DEERE.....	30
II.3.2.2 Batteur -Séparateur axial à double rotor (TWIN ROTOR) de New Holland.....	31
II.4 Machine Hybride.....	32
II.4.1 Définition de la notion Hybride.....	32
II.4.2 Principe de fonctionnement.....	32
II.5 Comparaison entre les systèmes de battages.....	34
II.6 Conclusion.....	37

<b>CHAPITRE III: ETUDE SUR LES PERTES EN GRAIN.....</b>	<b>39</b>
<b>III.1 Introduction.....</b>	<b>40</b>
<b>III.2 Classification des pertes en grain .....</b>	<b>40</b>
<b>III.3 Perte naturelles.....</b>	<b>41</b>
<b>III.4 Pertes sur la moissonneuse batteuse.....</b>	<b>43</b>
III.4.1 Les pertes au tablier de coupe.....	43
III.4.2 Les pertes au niveau des organes de battage.....	44
<b>III.4.2.1 Écartement Batteur contre- batteur.....</b>	<b>44</b>
<b>III.4.2.2 Vitesse de rotation du batteur.....</b>	<b>44</b>
<b>III.4.2.3 Dimension du système de battage.....</b>	<b>46</b>
a) Longueur du contre batteur .....	47
b) Diamètre du batteur .....	47
<b>III.4.2.54 Présentation de la récolte .....</b>	<b>47</b>
<b>III.4.2.5 Vitesse d'avancement de la machine .....</b>	<b>48</b>
III.4.3 Les pertes au niveau des secoueurs.....	50
III.4.4 Les pertes au niveau des organes de nettoyage.....	50
<b>III .5 Influence des paramètres de la récolte sur les pertes.....</b>	<b>51</b>
III .5.1 Degré de maturité de la récolte (force de liaison Grain/épi).....	51
III.5.2 Rapport massique paille/grain .....	52
III.5.3 Humidité de la récolte.....	53
III.5.4 Taux de vert .....	54
<b>III.6 Différentes méthodes de détermination les pertes à l'arrière de la moissonneuse-batteuse .....</b>	<b>55</b>
III.6.1 Méthode par bêche.....	55
III.6.2 Méthode par caisson .....	57
III.6.3 Méthode par voie électronique .....	58
<b>IV.6.3.1 Principe de base des détecteurs de pertes .....</b>	<b>58</b>
<b>III.6.3.2 Principe de fonctionnement des détecteurs de pertes .....</b>	<b>58</b>
<b>III.6.3.3 Différents type de détecteurs de pertes .....</b>	<b>59</b>
<b>III.7 Conclusion .....</b>	<b>59</b>
<b>CONCLUSION DE LA PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE .....</b>	<b>60</b>
<b>DEUXIEME PARTIE ETUDE EXPERIMENTALE .....</b>	<b>62</b>
<b>INTRODUCTION DE LA PARTIE EXPERIMENTALE.....</b>	<b>63</b>
<b>CHAPITRE 1 : MATERIEL ET METHODES EXPERIMENTALES .....</b>	<b>64</b>
<b>1.1 Cadre général et conditions expérimentales.....</b>	<b>65</b>
1.1.1 Introduction .....	65
1.1.2 Lieu de l'expérimentation.....	65
<b>1.1.2.1 Localisation et superficie.....</b>	<b>65</b>
<b>1.1.2.2 Equipment de la station.....</b>	<b>66</b>
<b>1.1.2.3 Itinéraire technique adopté.....</b>	<b>67</b>
<b>1.1.2.4 Historique de la parcelle d'essai.....</b>	<b>67</b>
1.1.3 Description de la parcelle d'essai .....	67
<b>1.1.3.1 Les mauvaises herbes .....</b>	<b>68</b>
<b>1.1.3.2 Les traitements utilisés sur les deux parcelles.....</b>	<b>68</b>
<b>1.1.3.3 Les engrais portés au sol.....</b>	<b>68</b>
<b>1.2 Matériels et méthodes.....</b>	<b>69</b>
1.2.1 Matériels .....	69
a) <b>Matériel végétal.....</b>	<b>69</b>
b) <b>Matériel de récolte .....</b>	<b>69</b>
c) <b>Autres matériels.....</b>	<b>73</b>
1.2.2 Méthodologie de l'expérimentation.....	74
<b>1.2.2.1 Dispositions prises.....</b>	<b>74</b>
<b>1.2.2.2 Plan de la parcelle.....</b>	<b>74</b>
V.2.3 Mode opératoire.....	75
<b>V.2.3.1 Déroulement des essais et échantillonnages.....</b>	<b>75</b>

1.2.3.2 Réglages demandés .....	77
1.2.3.3 Travail de laboratoire.....	77
1.3 Caractéristique des cultures .....	78
1.3.1 Rendement théorique de la culture à l'hectare (RE) (voir annexes 1).....	78
1.3.2 Hauteur moyenne des tiges (H) (voir annexe 2).....	79
1.3.3 Taux d'humidité du grain (Hg) (voir annexe 3).....	79
1.3.4 Taux d'humidité de la paille (voir annexes 4).....	79
1.3.5 Rapport massique paille-grain (s) (voir annexes 5).....	79
1.3.6 Pourcentage de vert à l'hectare (VP) (voir annexe 6).....	80
1.3.7 Poids de mille grains (PMG).....	80
1.3.8 Rendement de la récolte en utilisation de la moissonneuse batteuse.....	80
1.4 Caractéristique des machines.....	81
1.4.1 Les pertes à la plate-forme de fauchage (à l'avant de la machine) (annexe 8).....	81
1.4.2 Pertes à l'arrière de la moissonneuse batteuse (voir annexe 9,10, 11 et 12).....	82
1.4.3 Le taux de casse (voir annexe 9,10, 11 et 12).....	82
1.4.4 Degré de nettoyage (Dn) (voir annexe 9,10, 11 et 12).....	83
<b>CHAPITRE 2 : PRESENTATION DES RESULTATS.....</b>	<b>84</b>
2.1 Caractéristiques des cultures étudiées .....	85
2.2 Résultats des paramètres de la culture du blé tendre (Parcelle 1).....	87
2.3 Résultats des paramètres de la culture du blé dur (Parcelle 2).....	88
2.4 Les rendements de la récolte calculées par les moissonneuses batteuses.....	88
2.5 Résultats expérimentaux des paramètres étudiés sur les deux parcelles et pour les deux moissonneuses batteuses SAMPO SR 2045 et CLAAS PMA .....	90
2.5.1 Perte sur la plate-forme de fauchage .....	91
2.5.2 Résultats de pertes à l'arrière des moissonneuses batteuses avec les taux de casses et impuretés pour les deux machines .....	93
2.6 Commentaire.....	95
<b>CHAPITRE 3 : ANALYSE ET INTERPRITATION DES RESULTAS .....</b>	<b>97</b>
3.1 Méthode de la théorie de similitude et l'analyse dimensionnelle.....	98
3.1.1 Principe de la méthode.....	98
3.1.2 Application de la méthode de similitude et de l'analyse dimensionnelle sur notre cas.....	99
3.1.3 Discussion.....	102
3.2 Résultats de la régression linaires.....	103
3.2.1 Première parcelle .....	103
3.2.2 Deuxième parcelle .....	103
3.2.3 Interprétation de coefficient de détermination R <sup>2</sup> .....	104
3.3 Cas de la première parcelle 1 (blé tendre) .....	104
3.3.1 Étude des pertes à l'arrière des moissonneuses batteuses CLAAS PMA et SAMPO SR 2045 ..	104
3.3.2 Étude de la casse pour CLAAS PMA et SAMPO SR 2045 .....	106
3.3.3 Étude d'impuretés de la moissonneuse batteuse CLAAS PMA et SAMPO SR 2045.....	108
3.4 Cas de la deuxième parcelle (blé dur).....	109
3.4.1 Étude des pertes à l'arrière des moissonneuses batteuses CLASS PMA et SAMPO SR 2045 ..	109
3.4.2 Étude de la casse pour CLAAS PMA et SAMPO SR 2045 .....	111
3.4.3 Étude d'impuretés de la moissonneuse batteuse CLASS PMA et SAMPO SR 2045 .....	112
3.5 Analyse statistiques des résultats de l'effet de type de la spéculatation et de la machine sur les performances à la récolte .....	114
3.5.1 La matrice de corrélation entre les différents paramètres [P(%), C (%), I (%)].....	116
Le tableau ci-dessous (matrice des corrélations est intéressant à présenter car il met en évidence les relations entre les différents paramètres étudiés). .....	116
3.5.1.1 Corrélation au sein d'un même paramètre .....	117
3.5.2 Analyse statistique de l'effet de la moissonneuse batteuse et le type de la récolte sur les pertes en grains .....	117
3.5.2.1 Matrice de corrélation entre les différentes valeurs de P.....	118
3.5.3 Conclusion .....	122

<b>CHAPITRE 4 : ETUDES DES PERFORMANCES INSTANTANÉES DES DEUX MACHINES .....</b>	<b>123</b>
4.1 Détermination des différents paramètres .....	124
4.2 Cas de la première parcelle Blé tendre .....	124
4.3 Cas de la deuxième parcelle Blé dur.....	125
4.5 La mise en andain des deux machines .....	127
4.6 Qualité de la paille.....	129
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>130</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>133</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>138</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1:</b> Degré d'utilisation des moissonneuses batteuses dans le monde arabe aux superficies cultivées. ....	9
<b>Tableau 2 :</b> Les tarifs de location des moissonneuses-batteuses en Algérie. ....	10
<b>Tableau 3 :</b> Potentiel de production des machines agricole de CMA.....	11
<b>Tableau 4 :</b> Modèles des moissonneuses-batteuses fabriquées par CMA. ....	12
<b>Tableau 5 :</b> Surface de grille de nettoyage avec le système de ventilation .....	24
<b>Tableau 6:</b> Critères permettant de choisir un type de moissonneuse-batteuse. ....	36
<b>Tableau 7 :</b> Influence de l'humidité et la vitesse de rotation du batteur sur le taux de casse (cas blé tendre). ....	45
<b>Tableau 8 :</b> Effet du mode d'alimentation sur le taux de séparation. ....	48
<b>Tableau 9 :</b> Les productions en grains et en pailles des deux dernières années selon le type de moissonneuse batteuse utilisé. ....	67
<b>Tableau 10 :</b> Les caractéristiques des semences utilisées. ....	69
<b>Tableau 11:</b> Caractéristiques techniques des deux moissonneuses batteuses. ....	70
<b>Tableau 12 :</b> Caractéristiques des deux moteurs des deux moissonneuses batteuses .....	72
<b>Tableau 13 :</b> Combinaisons de réglages <b>Va</b> et <b>Vb</b> pour les deux moissonneuses batteuses <b>CLAAS PMA</b> et <b>SAMPO SR 2045</b> sur les deux parcelles d'essais. ....	76
<b>Tableau 14 :</b> Les caractéristiques des cultures étudiées. ....	85
<b>Tableau 15 :</b> Caractéristiques des deux moissonneuses batteuses étudiées avec quelques réglages. (Voir annexe 4) .....	86
<b>Tableau 16:</b> Résultats des paramètres de la culture du blé tendre ( <b>Parcelle 1</b> ). ....	87
<b>Tableau 17 :</b> Résultats des paramètres de la culture du blé dur ( <b>Parcelle 2</b> ). ....	88
<b>Tableau 18 :</b> Les rendements des deux parcelles données par les deux moissonneuses batteuses en fonction de <b>05</b> vitesses d'avancements. ....	89
<b>Tableau 19 :</b> Pertes en grains sur la plate-forme de fauchage des deux moissonneuses batteuses sur les deux parcelles. ....	91
<b>Tableau 20 :</b> Résultats expérimentaux des paramètres étudiés sur la <b>parcelle 1</b> (blé tendre) pour la moissonneuse batteuse <b>CLAAS PMA</b> . ....	93
<b>Tableau 21:</b> Résultats expérimentaux des paramètres étudiés sur la <b>parcelle 1</b> (blé tendre) pour la moissonneuse batteuse <b>SAMPO SR 2045</b> . ....	94
<b>Tableau 22 :</b> Résultats expérimentaux des paramètres étudiés sur la <b>parcelle 2</b> (blé dur) pour la moissonneuse batteuse <b>CLAAS PMA</b> . ....	94
<b>Tableau 23 :</b> Résultats expérimentaux des paramètres étudiés sur la <b>parcelle 2</b> (blé dur) pour la moissonneuse batteuse <b>SAMPO SR 2045</b> . ....	95
<b>Tableau 24 :</b> Résultats des calculs ( <b>Va/Vb</b> ) en fonction des paramètres étudiés sur la <b>parcelle 1</b> (Blé tendre, Variété <b>Anza</b> ) pour les deux moissonneuses batteuses <b>CLAAS PMA</b> et <b>SAMPO SR 2045</b> . ....	101
<b>Tableau 25 :</b> Résultats des calculs ( <b>Va/Vb</b> ) en fonction des paramètres étudiés sur la <b>parcelle 2</b> (blé dur, Variété <b>Chen's</b> ) pour les deux moissonneuses batteuses <b>CLAAS PMA</b> et <b>SAMPO SR 2045</b> . ....	102
<b>Tableau 26 :</b> Résultats de la régression linéaire de la première parcelle ( <b>blé tendre</b> ). ....	103
<b>Tableau 27 :</b> Résultats de la régression linéaire de deuxième parcelle ( <b>blé dur</b> ). ....	103
<b>Tableau 28:</b> La variation de la moyenne de chaque paramètre de performance pour les deux moissonneuses batteuses sur les deux parcelles. ....	115
<b>Tableau 29 :</b> Représentation des corrélations entre les différents paramètres [ <b>P(%)</b> , <b>C (%)</b> , <b>I (%)</b> ] .....	116

<b>Tableau 30</b> : Les corrélations entre différentes valeurs de <b>P</b> .....	118
<b>Tableau 31</b> : Les équations des matrices de corrélations de [P].....	121
<b>Tableau 32</b> : Les équations des matrices de corrélations de [C]. .....	121
<b>Tableau 33</b> : Les équations des matrices de corrélations de [I].....	121
<b>Tableau 34</b> : Performances instantanées de la M-B CLAAS PMA sur la parcelle 1. ....	125
<b>Tableau 35</b> : Performances instantanées de la M-B SAMPO SR 2045 sur la parcelle 1. ....	125
<b>Tableau 36</b> : Performances instantanés de la M-B CLAAS PMA sur la parcelle 2. ....	126
<b>Tableau 37</b> : Performances instantanés de la M-B SAMPO 2045 sur la parcelle 2. ....	126
<b>Tableau 38</b> : Dimensions et formations de l'andain à 05 vitesses différentes. ....	127

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Pourcentage des superficies de différentes céréales. (ITGC, 2007).....	7
<b>Figure 2</b> : Les collaborateurs de fabrication la M-B SAMPO en Algérie. ....	13
<b>Figure 3</b> : Vue en 3D de deux mécanismes de battage conventionnelle Standard et TS. (ANONYME, 2008).....	19
<b>Figure 4</b> : Vue en 3D de différentes formes du batteur & contre- batteur. (JOHN DEERE, 2010[1]).....	19
<b>Figure 5</b> : Vue en 3D d'un système de séparation avec séparateur Rotatif sur les secoueurs. (JOHN DEERE, 2011).....	22
<b>Figure 6</b> : Vue en 3D d'un système de battage conventionnelle avec séparateurs rotatif. (JOHN DEERE, 2010[2]).....	23
<b>Figure 7</b> : Vue en 3D d'un caisson de nettoyage avec des vis convoyeuses. (JOHN DEERE, 2011).....	23
<b>Figure 8</b> : Vue en 3D d'un système de double flux de ventilation QuadraFlow. (JOHN DEERE 2010[2]).....	25
<b>Figure 9</b> : Vue en 3D d'un système de séparateur rotatif à double flux. (TWIN FLOW) (BONAVENTURE M., 2011)....	26
<b>Figure 10</b> : Vue en coupe d'un système de séparation par cylindre multiple. (CS CLAAS) (CLAAS, 2002).....	28
<b>Figure 11</b> : Présentation des deux systèmes de battage (ANONYME ,1980) .....	28
<b>Figure 12</b> : Vue en 3D d'un batteur axial de la moissonneuse batteuse Axial Flow (CASE IH, 2011).....	29
<b>Figure 13</b> : Vue d'un système de battage et séparation axial STS de John Deere (JOHN DEERE ,2011) .....	30
<b>Figure 14</b> : Principe de fonctionnement de deux types de rotors (JOHN DEERE ,2010 [1]) .....	31
<b>Figure 15</b> : Vue en 3D d'un système de battage séparation à deux rotors (NEW HOLLAND, 2011).....	32
<b>Figure 16</b> : Vue en 3D d'un système de battage et séparation d'une moissonneuse batteuse Hybride (CLAAS, 2011) .....	33
<b>Figure 17</b> :Influence de la capacité de récolte sur le taux de pertes total de deux systèmes de battage (WAKER ,1988)....	35
<b>Figure 18</b> : Performances de 04 modèles de moissonneuse-batteuse (JOHN DEERE, 2011) .....	35
<b>Figure 19</b> : Ensemble des pertes en grains dans la moissonneuse batteuse.....	40
<b>Figure 20</b> : Influence de la vitesse périphérique des battes sur les pertes et la casse causés par l'organe de battage (KANAFOSKI ,1980).....	45
<b>Figure 21</b> : Causes des déperditions de grains sur une moissonneuse batteuse conventionnelle. ....	46
<b>Figure 22</b> : Influence de la vitesse d'avancement sur le taux de casse et les pertes en grains (AMOUR et YAHIAOUI, 1997) .....	49
<b>Figure 23</b> : Pertes en grains de blé lors d'un grand débit de récolte (GOSS et al. (1993). in HUNT, 1995).....	51
<b>Figure 24</b> : Variation du taux de séparation au niveau du batteur en fonction du débit d'alimentation avec trois niveaux d'humidité (HUISMAN, 1983) .....	54
<b>Figure 25</b> : L'influence des mauvaises herbes sur le taux de pertes de la moissonneuse batteuse (W.R. Nave et L.M. Wax ,1994).....	55
<b>Figure 26</b> : Méthode de ramassage continu pour la détermination des pertes en grains d'une moissonneuse batteuse. (HEBBLETHWAITE, (1955) in INNS ,1995).....	56
<b>Figure 27</b> : Image satellite du site expérimentale (source : Google Earth, 2011).....	66
<b>Figure 28</b> : La première parcelle (Blé tendre) .....	68
<b>Figure 29</b> : La deuxième parcelle (Blé dur).....	68

<b>Figure 30:</b> La moissonneuse batteuse <b>CLAAS PMA.</b>	<b>Figure 31:</b> La moissonneuse batteuse <b>SAMPO SR 2045</b>	72
<b>Figure 32 :</b> Le dispositif d’essai et l’organisation du champ de récolte.		74
<b>Figure 33 :</b> Schéma d’échantillonnage des grains pour le travail au laboratoire.		77
<b>Figure 34 :</b> Schéma d’échantillonnages de la paille pour le travail au laboratoire.		78
<b>Figure 35:</b> Méthode de déterminer les pertes à la plate-forme de fauchage		82
<b>Figure 36 :</b> Les rendements estimés par les deux moissonneuses batteuses en fonction de 5 vitesses d’avancement sur les deux parcelles.		90
<b>Figure 37 :</b> Variation de la déperdition des tabliers de coupe en fonction de la vitesse d’avancement des deux machines sur le blé tendre.		92
<b>Figure 38:</b> Variation de la déperdition des tabliers de coupe en fonction de la vitesse d’avancement des deux machines sur le Blé dur.		92
<b>Figure 39 :</b> Le taux de perte par rapport au $(V_a/V_b)$ pour la M- B CLAAS PMA.		105
<b>Figure 40 :</b> Le taux de pertes par rapport au $(V_a/V_b)$ de la M-B SAMPO SR 2045		105
<b>Figure 41:</b> Les taux de pertes à l’arrière des deux machines en fonction de $(V_a /V_b)$ .		106
<b>Figure 42:</b> Le taux de casse par rapport au $(V_a/V_b)$ de la M–B CLAAS PMA.		107
<b>Figure 43 :</b> Le taux de casse par rapport au $(V_a/V_b)$ de la M-B SAMPO SR 2045		107
<b>Figure 44 :</b> Les taux de casses des grains des deux machines en fonction de $(V_a/V_b)$ .		108
<b>Figure 45:</b> Le taux d’impuretés par rapport au $(V_a/V_b)$ de la M-B SAMPO SR 2045		108
<b>Figure 46:</b> Le taux d’impuretés par rapport au $(V_a/V_b)$ de la M-B CLAAS PMA.		108
<b>Figure 47:</b> Les taux d’impuretés des deux machines en fonction de $(V_a/V_b)$ .		109
<b>Figure 48:</b> Le taux de pertes en fonction de $(V_a/V_b)$ de la M-B SAMPO SR 2045		110
<b>Figure 49 :</b> Le taux de pertes en fonction de $(V_a/V_b)$ pour la M- B CLAAS PMA.		110
<b>Figure 50:</b> Histogramme représentant les taux de pertes des deux machines en fonction.		111
<b>Figure 51:</b> Le taux de casse par rapport au $(V_a/V_b)$ de la M-B SAMPO SR 2045		111
<b>Figure 52 :</b> Le taux de casse par rapport au $(V_a/V_b)$ pour la M- B CLAAS PMA		111
<b>Figure 53 :</b> Histogramme représentant les taux de casse des deux machines en fonction de $(V_a /V_b)$ .		112
<b>Figure 54:</b> Taux d’impureté par rapport au $(V_a/V_b)$ de la M-B SAMPO SR 2045		113
<b>Figure 55:</b> Le taux d’impureté par rapport au $(V_a/V_b)$ pour la M- B CLAAS PMA		113
<b>Figure 56 :</b> Histogramme représentant les taux d’impuretés des deux machines en fonction de $(V_a/V_b)$ .		113
<b>Figure 57 :</b> Courbe représentant la corrélation entre <b>P (MB1 d)</b> et <b>P(MB2t)</b> .		119
<b>Figure 58:</b> Courbe représentant La corrélation entre <b>P (MB1d)</b> et <b>P (MB1t)</b> .		120
<b>Figure 59 :</b> La moissonneuse batteuses <b>SAMPO SR 2045</b> en plein d’essai.		128
<b>Figure 60:</b> La moissonneuse batteuse <b>CLAAS PMA</b> en plein d’essai		128

## LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

**A** : Ampère

**AV/AR** : Avant/Arrière

**AGCO** : Agriculture Corporation

**C.A.G** : Chambre d'Agriculture du Gers

**CMA** : Complexe Machines Agricoles

**CMT** : Complexe Moteurs Tracteurs

**CCLS** : Coopérative des céréales et légumes secs

**CNH**: Case New Holland

**CNIS** : Centre national d'informatique et des statistiques des douanes algériennes

**CPE** : Conseil de participation de l'État

**cv** : Chevaux vapeur

**Da** : Dinars Algériens

**daN** : Déca Newton

**F** : Force

**FAO**: Food and Agriculture Organization

**g/kWh** :gramme /kilo Watt heure

**N** : Newton

**MADR** : Ministère de l'agriculture et du développement rural

**M-B** : moissonneuse batteuse

**m** : Mètre

**mm** : millimètre

**m/s** : mètre/seconde

**ONS** : Office National des Statistiques

**PAMI** : Prairie Agricultural Machinery Institute

**PMA t** : Entreprise Nationale de Commercialisation de Matériels Agricoles

**q/ ha** : Quintaux/ Hectare

**SAU** : Superficie agricole utile

**TF**: Twin flow

**TR**: Twin Rotor

**3D** : Trois dimensions

**€** : Euro

**tr/mn** : tour /minute

# **INTRODUCTION GENERALE**



Depuis l'Indépendance, l'agriculture de notre pays s'est développée, intensifiée et diversifiée de façon permanente et demeure l'activité essentielle de l'espace rural algérien.

A la fonction traditionnelle de production de biens alimentaires destinés à la consommation locale, la production céréalière dépend d'une multitude de facteurs, allant de la qualité des intrants en passant par la conduite technique ainsi que la récolte et le stockage.

Cependant la production céréalière en Algérie est nettement insuffisante au regard d'une demande qui a tendance à s'amplifier d'une année à l'autre : malgré les investissements importants, Les rendements demeurent faibles et irréguliers (**15q/ha**). Ces faibles rendements ne sont pas uniquement le fait d'une pluviométrie faible et irrégulière ; d'autres facteurs aussi importants sont également responsables de cette situation. Parmi ces facteurs : la mécanisation et notamment celle de la récolte.

En effet, chaque année la récolte des céréales pose des problèmes liés à :

- La disponibilité des machines de récolte.
- Les mauvais réglages des machines engendrent une perte importante est signalée au moment de la récolte, plus de **20%** (**KACI, 1983**), en outre, plusieurs indices laissent à supposer que ces pertes sont considérables.

Le parc national en moissonneuses-batteuses stagne depuis des années autour de **9000** machines, soit une moissonneuse batteuse pour **500 ha**. Les besoins de l'Algérie en moissonneuses batteuses sont estimés entre **100** et **200** machines par an. (**TERRA, 2010**).

Pour contribuer à réduire ce problème de matériel de récolte, l'Algérie a signé un contrat de montage des moissonneuses batteuses avec le groupe finlandais **SAMPO ROSENLEW**.

Face à cet ensemble d'observations, nous allons étudier les performances de deux machines conventionnelles avec **4** secoueurs.

- La moissonneuse batteuse finlandaise de la marque **SAMPO SR 2045** nouvellement introduite en Algérie.
- La moissonneuse batteuse **CLAAS PMA** anciennement fabriquée sous licence **CLAAS**.

L'objectif essentiel de cette étude est d'étudier les performances de chaque machine ; selon **PREECE (2010)**, les performances d'une moissonneuse batteuse sont données par le taux de perte en grains relativement au débit.

En d'autre terme nous cherchons la capacité de travail de chaque machine qui donne moins de pertes, moins de casse, moins d'impuretés et une bonne qualité de la paille.

L'intérêt de ce travail réside dans l'étude d'une moissonneuse batteuse nouvellement utilisée en Algérie « **SAMPO** » (machine conventionnelle) dans des conditions souvent très sèches à la récolte et de voir son comportement par rapport à la machine la plus utilisée en Algérie à savoir la moissonneuse batteuse **CLAAS PMA**.

Dans la présente expérimentation, nous allons nous intéresser aux pertes en grains à l'avant et à l'arrière de chaque moissonneuse batteuse, ainsi qu'à la qualité de travail (taux de grains cassé, degré de nettoyage du grain récolté).

En effet notre étude s'articule autour de deux parties suivantes :

- La première partie sera consacrée à la recherche bibliographique, qui regroupe l'ensemble des systèmes de battage et de séparation conventionnels et non conventionnels, avec une synthèse panoramique sur les pertes en grains enregistrés pendant les récoltes mécanisées des céréales.
- Dans la deuxième partie nous allons présenter les caractéristiques techniques des moissonneuses batteuses avec les essais effectuées sur terrain et les résultats obtenus et leurs interprétations.

À partir des résultats obtenus, nous procéderons à une analyse statistique comparative des principaux paramètres considérés, en vue d'essayer de porter un choix éventuel sur un réglage qui répond au mieux aux exigences de la parcelle d'essai ainsi qu'à l'obtention d'une idée sur le comportement de la nouvelle machine sur les récoltes de blé.

Nous terminerons notre travail par une perspective et recommandations sur les deux moissonneuses batteuses et celle qui est mieux adaptée aux conditions de récolte en Algérie.

# **PREMIERE PARTIE**

# **ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

# **CHAPITRE I : LA RECOLTE DES CEREALES EN ALGERIE**

## I.1 Introduction

La sécurité alimentaire durable est un objectif fondamental et vital pour l'Algérie et il dépend considérablement de la production céréalière. Car les céréales et plus particulièrement les blés sont très importants tant sur le plan agronomique et économique que sociale. De même qu'elles constituent la base de l'alimentation et occupent une place privilégiée dans les habitudes alimentaires des populations aussi bien dans les milieux ruraux qu'urbains.

La filière algérienne des céréales se distingue par les caractéristiques suivantes :

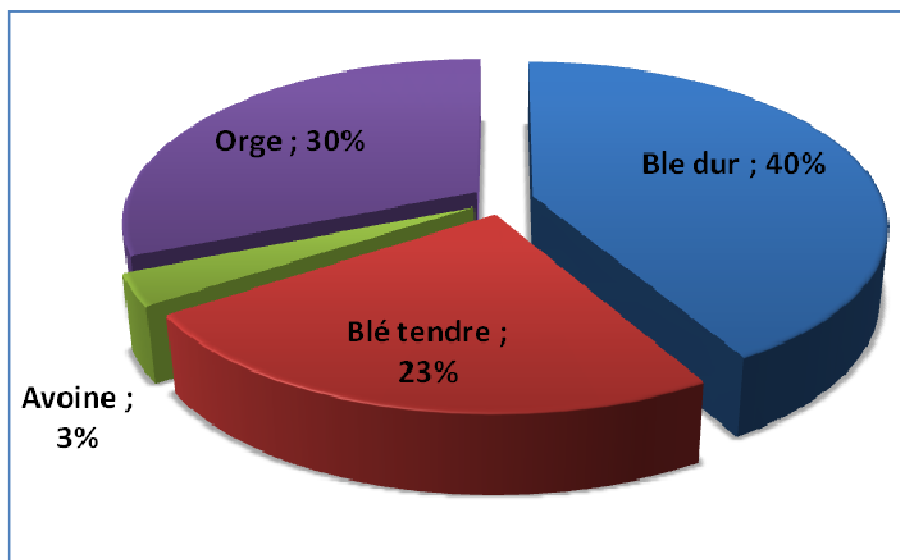
- Faible capacité de production agricole nationale.
- Importante capacité de transformation industrielle (minoterie semoulerie aliments de bétail et boulangerie).
- Modèle de consommation dont le blé occupe une place importante.
- Des constantes interventions de l'État.
- Le poids écrasant des importations (l'industrie céréalière locale est approvisionnée à plus de **85%** par des grains produits ailleurs).

En Algérie, la céréaliculture demeure le pivot de l'agriculture d'où la nécessité de réaliser une étude sur les degrés de mécanisation de la filière afin de pouvoir résoudre tous les problèmes qui s'oppose à son développement. Et le secteur du machinisme agricole capable d'assurer une production beaucoup plus importante, mais il rencontre des problèmes de développement en raison de la petite taille des exploitations agricoles (**2 à 5 Ha** en moyenne).

## I.2 Superficies

Sur une surface agricole utile de l'ordre de **8,458 millions d'ha**, les emblavures occupent, en moyenne annuelle, une superficie de l'ordre de **3,8 millions d'ha**. La production locale des céréales **4,2 millions** de tonne, les besoins **7 millions** de tonnes, une moyenne d'importation de **6 millions** de tonne (CNIS, 2011).

La superficie des céréales toutes espèces confondues, est de **2 671 951 ha**, celle réservée pour les céréales d'hiver est de **2 671 14 Ha** partagée comme suit : Blé dur **1 1162 880 ha**, Blé tendre **620 945 ha**, Orge : **812 280 ha**, Avoine **75 035 ha**, et celle des céréales d'été est de **881 Ha**, divisée comme suit ; Maïs **375 Ha**. Sorgo **474 ha**.



**Figure 1** : Pourcentage des superficies de différentes céréales. (ITGC, 2007)

### I.3 Production et besoin

La production des céréales, toutes espèces confondues, est de **4 017 755 tonnes**, répartie comme suit ;

Céréales d'hiver : **4 012 810 tonnes** (Blé dur : **1 772 800 tonnes**, Blé tendre **915 130 tonnes**, Orge : **1 235 880 tonnes**, Avoine : **89 000 tonnes**).

Pour les céréales d'été : **4 935 tonnes** (**2456 tonnes** de Maïs et de **2479 tonnes** du Sorgho).

**BOULAL et al. (2007)**, estiment que la consommation annuelle de céréales par habitant dans les pays du Maghreb est l'une des plus élevées dans le monde .elle était évaluée en **2000** à **205 Kg/an** en Tunisie ,**219 Kg/an** en Algérie et **240 Kg/an** au Maroc.

De ce fait avec une population algérienne totale estimée à environ **33,8 millions** d'habitant (**ONS, 2008**), la **FAO, (2011)** estime les besoin en céréales de l'Algérie de **8 112 000 tonnes**, le taux de couverture des besoins nationaux demeure faible et il est aux alentours des **49%** .pour faire face à la demande sans cesse grandissante avec l'accroissement de la population, il est fait recours aux importations pour couvrir la demande du marché .

#### I.4 Principales régions céréalières

On distingue parmi les zones agro écologiques présentant chacune, des caractéristiques relativement homogènes du point de vue de production céréalière ;

- Les plaines littorales et sublittoral avec un climat subhumide tempéré par les influences maritimes ainsi que le nord des haut plateaux constituent une zone à haute potentialité. La superficie de la céréaliculture intensifiable dans cette zone qui reçoit plus de **450 mm** de pluie par an est évaluée à **1 200 000 ha**.
- Le sud des hauts plateaux marqué par l'altitude, la continentalité et la faiblesse de la pluviométrie (moins de **450 mm/an**) constitue une zone agro pastorale ou la céréaliculture vivrière, pratiqué sur près de **1 800 000 ha**, est étroitement associée à l'élevage ovin
- La zone steppique où la culture des céréales est pratiquée de manière irrégulière sur **300 000 à 500 000 ha**, selon les années climatiques par des systèmes de production dominés par la culture de l'orge et par l'élevage de l'ovin associé à l'utilisation de la steppe.
- Les zones de sud où se pratique la céréaliculture sous irrigation sur **45 000 ha** dont **35 000 ha** de céréaliculture traditionnelle vivrière dans les Oasis en culture sous étage et **10 000 ha** en céréaliculture intensive sous pivots.

Ainsi donc en dehors des zones du littoral qui représente **20%** de la SAU et où d'autre spéculation interviennent de façon assez significative dans l'assolement, la rotation cultivable reste généralement fondée sur l'alternance céréales jachères nues. (MADR ,2006)

#### I.5 Importance du parc national en moissonneuses batteuses

Selon **KHEYAR et al. (2007)**, le parc des moissonneuses batteuses est quant à lui constitué de **8222** machines, chaque machines permet de prendre en charge une superficie de **494 ha** (ce chiffre était de **336 ha** en **1993**). De plus, le parc est de plus en plus vétuste, avec **80%** dépassant les **15** ans d'âge (**ATTOUCHI, 2009**), Ce qui nécessite une politique de renouvellement du parc national. Le coût estimatif du matériel agricole importé est de l'ordre de **900 millions de Dollar par an** (**CNIS, 2011**).

En terme de matériel de récolte, les besoins de l'Algérie sont estimés à environ **200** moissonneuses-batteuses et à **3000** ramasseuses presse par an (**TERRA, 2010**).

D'après des études réalisées par **BENMOHAMED (2010)** montrent que le pays le plus mécanisé dans le monde arabe est l'Algérie, en raison notamment de la politique d'industrialisation qui a entraîné le développement de la mécanisation agricole. L'Algérie est suivie de la Syrie et de l'Égypte, puis de l'Irak et du Maroc. Dans les autres pays, la mécanisation agricole est moins développée, soit en raison des faibles superficies cultivées, comme dans les pays du Golfe par exemple, soit pour des problèmes technico-financiers.

Ainsi l'importance du parc du matériel agricole dans chaque pays arabe est liée non seulement aux structures foncières du pays, mais également aux conditions locales de financement et au degré de modernisation de l'agriculture.

**Tableau 1:** Degré d'utilisation des moissonneuses batteuses dans le monde arabe aux superficies cultivées.

PAYS	SURFACE CULTIVEE (1000 ha)	DEGRE DE MECANISATION (cheval/ha)	
		Tracteurs	Tracteurs + Moissonneuses
Jordanie	381,7	0,95	0,97
Émirats Arabes Unis	69,5	0,17	0,18
Bahreïn	7,3	0,20	0,21
<b>Tunisie</b>	<b>5 051,3</b>	<b>0,55</b>	<b>0,61</b>
<b>Algérie</b>	<b>8 095,7</b>	<b>0,78</b>	<b>0,90</b>
Arabie Saoudite	4 226,8	0,65	0,74
Soudan	14 698	0,09	0,10
Syrie	6 253	0,81	0,89
Somalie	1 043,4	0,13	0,13
Irak	6 268,6	0,62	0,70
Oman	106	0,09	0,09
Qatar	15,3	0,29	0,31
Koweït	5,4	0,29	0,30
Liban	332,3	0,59	0,62
Libye	2 175	1,04	1,91
<b>Égypte</b>	<b>3 140</b>	<b>1,62</b>	<b>1,70</b>
<b>Maroc</b>	<b>9 919,9</b>	<b>0,27</b>	<b>0,30</b>
Mauritanie	507,7	0,14	0,06
Yémen	1 435,5	0,57	0,58
<b>TOTAL</b>	<b>67 372,7</b>	<b>0,53</b>	<b>0,59</b>

(Source : **BENMOHAMED, 2010**)

Le même auteur considère que l'agriculture algérienne théoriquement bien mécanisée .mais en réalité c'est l'inverse, il y a un grand problème sur la disponibilité des machines de récolte, de manutention et de stockage.



## I.6 Le coût d'utilisation de la moissonneuse batteuse en Algérie

Selon **KACI (2008)**, le coût d'utilisation des moissonneuses-batteuses est utile pour l'agriculteur en raison de la part importante qu'elle représente dans les charges de production. Précisons que la moissonneuse-batteuse est une des machines les plus coûteuses que l'on puisse voir travailler dans les exploitations.

Le coût de d'utilisation d'une moissonneuse batteuse en Algérie c'est le moins couteux de la région du Maghreb et aussi c'est le plus faible de l'Afrique. À cause de multitude de facteurs socio-économique.

Le tableau au-dessous représente le coût horaire de location d'une moissonneuse batteuse en fonction de sa largeur de coupe.

**Tableau 2** : Les tarifs de location des moissonneuses -batteuses en Algérie.

moissonneuse – batteuses	Largeur de coupe m	Cout d'utilisation Da/h
TESSALA	04	2800
SAMPO SR 2045 / CLAAS PMA	4,20	3000
PMA (CLAAS MERCATOR)	06	3800

(Source : CCLS, 2011)

Les coûts de production des céréales par hectare en Algérie compétitive en comparaison avec d'autres pays du Maghreb même de l'Europe.

Nous avons assisté ces dernières années à une introduction dans l'agriculture algérienne de moissonneuses-batteuses destinées à la récolte en vrac des céréales .selon **KACI (1990)**, cette récolte en sacs est presque abandonnée dans le monde. Parce que ce type de machines nécessite une organisation particulière de chantier de récolte. Mais leurs coût de fabrication est moins chère par rapport une machine à trémie.

Une étude technico-économique réalisé par **TAHIR et al. (1999)**, sur la faisabilité de l'utilisation d'une moissonneuse -batteuse (**CLAAS OMINATOR 68**) a été réalisée pour évaluer les pertes en récolte, la rapidité de travail, la capacité au champ, la consommation de carburant, le bruit et la pollution de poussière, la fréquence de réparation / maintenance et le coût de fonctionnement de la machine.

Les résultats ont montré que des pertes de récolte à une moyenne d'environ **1,25%** de blé. Pertes de bris de grains (**5,7%**) étaient peu élevées. La capacité de travail de **2,5 à 3 ha/heure**. La consommation de carburant a été trouvée à **15 l/ha**.

Comme la machine n'était pas équipée d'une cabine, la poussière et le bruit sonore posent une menace à la santé de l'opérateur. La machine n'a besoin que de deux à trois personnes pour son fonctionnement et coûte environ **35 €/ha**. Donc son coût initial est assez élevé.

### I.7 Fabrication des moissonneuses batteuses en Algérie

Les moissonneuses batteuses en Algérie fabriquées par l'entreprise **CMA** (complexe machines agricoles) en collaboration avec le constructeur allemand des machines agricole **CLAAS**.

Sur le plan historique, le **CMA** de Sidi Bel Abbès a été érigé dans le cadre du premier plan quadriennal **1970-1973** pour jouer un double rôle, à savoir l'industrie industrialisante et la mécanisation de l'agriculture.

En **1975**, la première moissonneuse-batteuse a vu le jour. Avec une large gamme de **33** produits, (moissonneuses-batteuses, ramasseuses presses, faucheuses universelles, disques agraires, charrues, ...etc., le **CMA**, qui employait plus de **1 800** travailleurs, était le fournisseur incontournable de l'agriculture algérienne. (**MEDJAHDI, 2008**)

Le tableau **3** nous donne une idée du potentiel de production de **CMA**. La capacité de fabrication de ce complexe plus de **500** moissonneuses-batteuses par an et de **1000** faucheuses par an et plus de **3000** unités de divers machines et outils.

**Tableau 3** : Potentiel de production des machines agricole de **CMA**.

Produits	Capacité annuelle	Potentiel de production			Marché National	Part de marché détenue	Part de marché en (%)
		Production 2005	Production 2006	Production 2007			
Moissonneuse batteuse	550	171	-	-	74	61	90
Ramasseuse presse	1 980	343	76	-	830	572	69
Giro andaineur	2 200	20	25	-	500	350	70
Faucheuse	2 200	500	-	-	860	600	70
Charrue 3 disques	2 200	393	98	76	430	300	70
Disques agraires	4 400	7423	-	-	28 000	20 000	70

(Source : **EQUIPAG, 2008**)

Depuis de sa création cette entreprise fabriquée plusieurs modèles des moissonneuses batteuses sous licence de constructeur **CLAAS**, donc presque les même modèles de la ferme allemande (les seules différences sont liée à la capacité de récolte et à la motorisation).

Au tableau 4 les moissonneuses-batteuses fabriquées au **CMA** avec leurs nominations, et motorisations.

**Tableau 4** : Modèles des moissonneuses-batteuses fabriquées par **CMA**.

Année de fabrication	Moissonneuse batteuse de CMA	Motorisation	Modèles CLAAS	Motorisation
1975	SONACOME	DEUTZ FAHR	SENATOR	DEUTZ FAHR
1979	AFAK1	DEUTZ FAHR	MERCATOR	DEUTZ FAHR
1983	SABA	DEUTZ FAHR	MERCATOR	CATERPILLAR
1984	AFAK2 (avec 3 secoueurs)	DEUTZ FAHR F4 L 912	DOMENATOR (avec 4secoueurs)	CATERPILLAR PERKINSE D6
1989	PMA	CIRTA F6 L 912	DOMINATOR	PERKINSE D6
1993	TESSALA	CIRTA F6 L 912	DOMENATOR	MERCEDES BENZ
2010	CMA SAMPO 2045	SISU POWER	SAMPO 2045	SISU POWER

(Source : PMA, 2010)

En 2005 L'Entreprise **CMA** à maturé un projet de partenariat industriel et commercial avec le Groupe **SAME DEUTZ FAHR** dans le domaine des moissonneuses batteuses. Mais la société italienne passe un accord au constructeur croate, « **DURO DAKOVIC PSU** », qui construit d'ailleurs des moissonneuses sous licence **DEUTZ-FAHR** depuis 1982.

Du même côté le constructeur **CLAAS**, a décidé de lancer ces investissements en inde, donc est n'est pas assez satisfais de son expérience avec l'entreprise algérienne **CMA**.

Par ailleurs, en 2010 le fabricant finlandais **SAMPO-ROSENLEW** a aussi fait une proposition de partenariat de construction des moissonneuses batteuses avec **CMA**.

### I.7 Projet de fabrication les moissonneuse batteuses **SAMPO**

Le projet de coopération entre le complexe de machinisme agricole (**CMA**) et la société finlandaise **SAMPO**, ce qui permet de racheter l'entreprise algérienne. Porte sur la construction de 500 moissonneuses-batteuses sous la nouvelle nomination **CMA-SAMPO**.

Selon MAMMERI (2010), le projet en question, piloté par le Conseil de participation de l'État (CPE), vise la création d'une société mixte où le CMA détiendra 35%, PMA t 25% et la société finlandaise 40%.

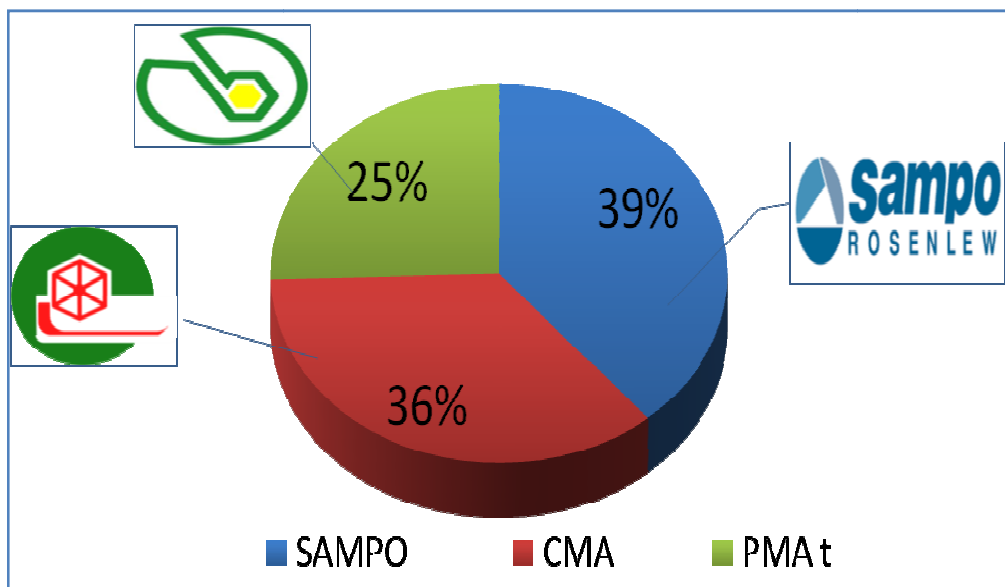


Figure 2 : Les collaborateurs de fabrication la M-B SAMPO en Algérie.

### I.8 Présentation de la ferme finlandaise SAMPO Rosenlew

**SAMPO Rosenlew** : est une société finlandaise indépendante, des machines industrielles de taille moyenne. Produit principal de la Société est le débusqueur forestier destinés aux fabricants du bois (selon HUGO et al. (2002), Débusqueur désigné par le terme anglais « SKDDER ». Est un engin automoteur dont la fonction est de débarrasser les bois longs) et les moissonneuses-batteuses conventionnelles fabriquées en deux séries: la série 2000 de moyenne capacité et les séries 3000 de grande capacité de récolte. (NORDLUND et al., 2007)

Celles de concurrents dont la production de matériel de récolte est incomplète. Pourtant, depuis le milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle, ce constructeur a su se spécialiser dans la récolte des céréales et a créé l'un des premiers batteurs fixes en Europe. Bien plus tard, dès 1957, grâce à son expérience, une gamme de moissonneuses batteuses automotrices fut produite. Depuis, **SAMPO Rosenlew** joue un rôle important dans la récolte des céréales en Europe du Nord et dans de nombreux pays où sont exportées des moissonneuses simples, robustes et performantes. (BONAVENTURE, 2011)

Les premières **SR 3045** et **SR 3065** ont six secoueurs, un batteur de **134 cm** ainsi qu'un moteur délivrant **175, 200** ou **220** chevaux en option. La barre de coupe la plus large atteint **5,7** mètres et la capacité de la trémie culmine à **6500** litres.

En **2003**, une **SR3085 TS** est ajoutée au catalogue de la société. Elle dispose du système d'accélérateur de flux. Modèle haut de gamme du constructeur finlandais, la largeur de coupe atteint **6,3** mètres pour une trémie de **8100** litres. Aujourd'hui, la gamme se compose de trois modèles à **6** secoueurs et est commercialisée à travers l'Europe, le Moyen Orient et l'Afrique sous différentes marques et couleurs. (NORDLUND et al., 2007)

### **I.9 Exportation des moissonneuses batteuses algérienne**

Les acteurs de l'économie mondiale deviennent des exportateurs concourants et imposants des règles agressives. Ainsi, les grandes puissances prennent conscience de la fragilité de leur hégémonie économique que menace des pays au potentiel jusqu'à présent mésestimé : Chine, Brésil, Inde et la Turquie...etc. (COUVREUR, 2007)

Selon le même auteur la croissance annuelle de la Chine **11,2 %**, l'Inde **9 %**, Brésil **9%** et la Turquie **8,5 %**. Ces taux sont les plus élevés au monde, et si l'Algérie ne peut plus se contenter de protéger ses entreprises en durcissant les barrières d'entrée à son marché. Les pays précédant ne deviendront jamais exportateurs, grâce seulement aux faibles coûts de la main d'œuvre.

Les principaux pays importateurs des moissonneuses batteuses algériennes sont :

- l'Iraq, depuis **1995** avec un contrat signé pour l'achat de **100** à **150** moissonneuses - batteuses et ramasseuses presses, le même contrat renouvelé en **2002** pour l'achat de **69** moissonneuses-batteuses. (SAHLI, 2011).
- les pays du Maghreb, avec un niveau d'exportation très faible. une dizaine de moissonneuses batteuses vers la Tunisie, et une vingtaine vers le Maroc.

Donc l'exportation des moissonneuses batteuses algériennes et des autres matériels agricoles tels que les tracteurs et leurs outils d'accompagnement (attache-ments) vers les autres pays, est très difficile à cause de la concurrence des autres pays comme la Chine et l'Inde, avec des coûts de main d'œuvre très faibles, inférieurs de **50** fois à ceux de l'Europe occidentale et **10** fois des mains d'œuvre algériennes.

## I.9 Conclusion

L'avantage économique indiscutable de la mécanisation dans le domaine agricole n'est plus à démontrer. Cependant, le secteur agricole continue à accuser un sérieux retard dans ce domaine

Quelle que soit irriguée ou pluviale, la céréaliculture algérienne connaît de faibles rendements attribués entre autre à une maîtrise insuffisante de l'un des principaux facteurs de production à savoir la mécanisation des différentes étapes de l'itinéraire technique.(**KHEYAR et al.2007**)

Selon le même auteur, la céréaliculture algérienne considérée comme relativement développée, la mécanisation de la céréaliculture algérienne ne répond que partiellement aux conditions édaphiques et climatiques. Grande consommatrice d'énergie.

Selon **KACI (2008)**, la technologie des moissonneuses batteuses a beaucoup évolué dans le monde alors qu'en Algérie on utilise toujours des machines sans confort, sans accessoires de détection de perte en grain, de réglage automatique de devers...

Mais il faut noter aussi que pour adapter d'équipement moderne d'aujourd'hui à notre agriculture il faut augmenter les rendements des céréales, les rendements en France atteignent les **100q/ha** et les machines peuvent récolter avec un débit de **250 q/h**.

# **CHAPITRE II : ETUDE DES SYSTEMES DE BATTAGE ET DE SEPARATION**

## II.1 Introduction

Depuis ces dix dernières années, les évolutions dans les principes de battage, de nettoyage et de séparation ont permis d'améliorer les performances des moissonneuses-batteuses. Ainsi, le remplacement des secoueurs sur les machines traditionnelles par des cylindres de séparation a permis d'accroître les débits sans pour autant augmenter le gabarit des machines qui peut vite devenir un facteur limitant pour leur déplacement routier. De la même manière, des améliorations apportées aux systèmes de nettoyage (table de préparation à double chutes, ventilateur de type turbine, ...) ont permis d'augmenter le débit et l'efficacité de ces machines. (VINCENT, 2008).

La moissonneuse-batteuse a connu des évolutions considérables ces dernières années que ce soit en puissance (jusqu'à **650 Cv**), en performances (selon **GUINNESS (2011)**, la **LEXION 770** de **CLAAS** récolte de **651** tonnes de blé en huit heures avec une largeur de coupe de **12 m** et en confort d'utilisation. Derrière ses dimensions parfois impressionnantes se cachent de nombreux systèmes de distinction à connaître pour bien la choisir face aux différentes contraintes de récolte.

Selon **LERAT (1999)**, Le critère de choix d'une moissonneuse batteuse est d'avantage son débit horaire plutôt que la puissance du moteur. Pour cette raison les constructeurs ont mis d'autres systèmes de battage et de séparation sans secoueurs c'est des machines non conventionnelles.

Outre les conventionnelle (avec batteur, séparateurs et secoueurs), les non conventionnelles avec une séparation axiales (à mono-rotor ou bi rotor) ; le marché propose également une troisième voie avec des machine que l'on pourrait désigner D'hybride .ces dernières associent un système de battage conventionnel à des rotors qui se substituent aux secoueurs. (ARFA, 2006).

## II.2 Machine conventionnelle

Selon **BARUAH et PANESAR (2004)**, les moissonneuses batteuses récentes de systèmes conventionnelles équipées des moteurs de **100 à 150 cv**, la puissance du moteur est adaptée à la largeur de coupe (qui atteint les six mètres) et au débit de la machine **80 q/ha**. Sa puissance moyenne ne cesse d'augmenter et est dépasser **200 cv** .le débit moyen est de l'ordre de un quintal par heure. Ces moissonneuses batteuses sont généralement équipées de moteur de **4 à 6** cylindres en ligne.



À la sortie du vilebrequin côté volant moteur sont fixées des poulies plates ou trapézoïdales entraînent :

- Les organes de battage et de séparation
- Une pompe alimente le circuit hydraulique de la machine
- L'essieu avant (transmission mécanique ou hydromécanique)

### II.2.1 Dispositif de battage

Le battage consiste à faire sortir le grain des coques, épis et gousses de récoltes telles que blé, soja, maïs et riz. Plus de **90%** du grain est séparé durant cette opération et passe par le contre batteur pour atterrir dans le récupérateur de grains.

Le dispositif de battage d'une moissonneuse batteuses conventionnelle comporte :

- L'engreneur.
- L'épierreur.
- Le batteur et le contre batteur.
- La tire paille.

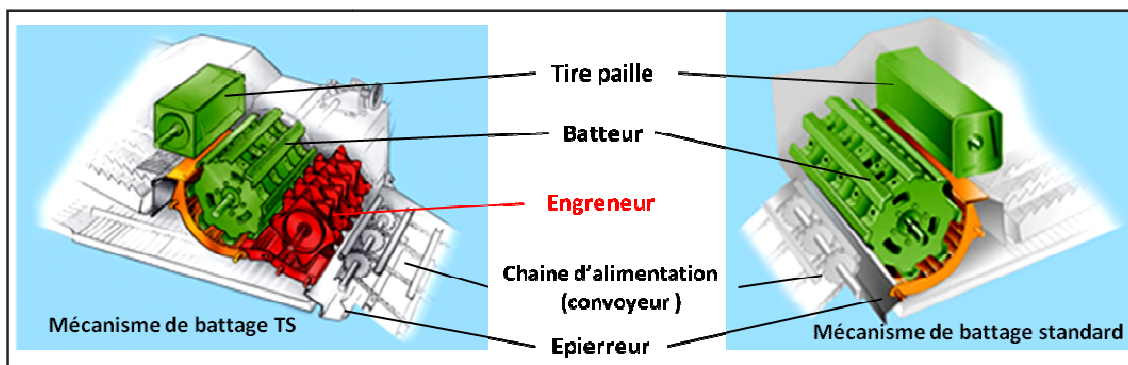
#### II.2.1.1 L'engreneur

L'engreneur ou le pré batteur, est un tambour muni de palettes, tournant à grande vitesse dans le même sens que le batteur. La moisson est dirigée vers ce pré batteur qui sépare avec précaution les grains à moitié détaché puis vers la partie antérieure du contre batteur et finalement vers la partie la plus en avant du récepteur à grain. Donc son rôle est d'assurer un écoulement plus régulier de la récolte vers le batteur proprement dit. **(Figure 3)**

#### II.2.1 2 L'épierreur

C'est un dispositif constitué par une simple cavité entre l'engreneur et le batteur pour le système de battage **TS**, et entre le convoyeur et le batteur pour le système de battage standard. Son rôle est récolter les pierres et les corps autre que la récolte n'ayant pas été éliminées au cours des opérations précédentes. **(Figure 3)**

Selon **JOHN DEERE (1999)**, pendant la récolte du maïs est nécessaire de fermer l'épierreur à l'aide d'un couvercle spécial afin d'empêcher l'accumulation des épis à ce niveau.



**Figure 3 :** Vue en 3D de deux mécanismes de battage conventionnelle Standard et TS. (ANONYME, 2008)

### II.2.1.3 Le batteur

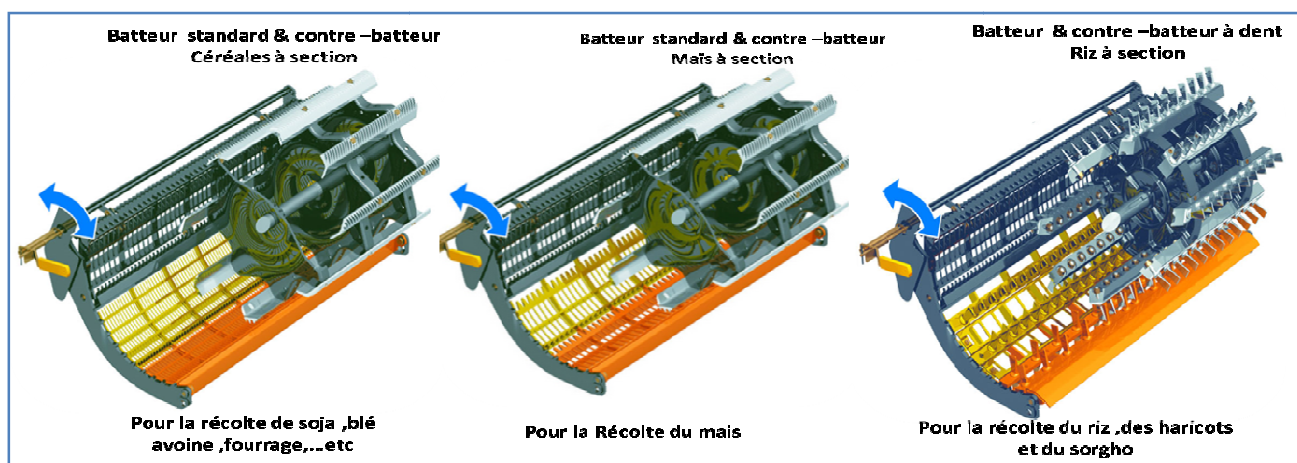
C'est un tambour portant des battes métalliques ou des battes à faces caoutchoutées. Le diamètre moyen de ces batteurs est de **50 à 60 cm** (diamètre usuels étant de **45 à 56 cm**) et les diamètres plus grands étant de **60 à 61 cm**, la longueur moyenne varie de **0,90 à 1,50**, suivant les constructeur et l'importance de la machine (DETRAUX et OESTGES ,1979). (Figure 4)

La vitesse est réglable entre **400 et 1200 tr/min** au moyen d'un variateur à courroie commandé hydrauliquement.

### II.2.1.4 Le contre - batteur

Il a la forme d'une portion de cylindre enveloppant le batteur sur **1/8** ou **1/4** de sa surface, c'est un complément indispensable du batteur ; l'angle d'enroulement du contre batteur atteint sur les moissonneuses batteuses récentes **120°**.

Le contre-batteur est constitué par une grille concave, soit par un crible ou tôle perforée d'orifices de forme et de dimensions variable. (Figure 4)



**Figure 4 :** Vue en 3D de différentes formes du batteur & contre- batteur. (JOHN DEERE, 2010[1])

### II.2.1.5 Le tire paille

Analogue à l'engreneur situé entre le batteur et les secoueurs .cet organe dégage la paille à la sortie du batteur vers les secoueurs.

### II.2.2 Mode de fonctionnement de battage tangentiel

Selon **KANAFOJSKI (1980)**, le détachement des grains des épis peut être obtenu par choc des battes du batteur sur les épis ou par leur froissement .la paille est soumise aux déformations qui absorbent plus d'énergie que celle utilisée pour la séparation des grains

Le processus de battage est constitué de trois phénomènes physiques essentiels (**RUIZ, 1983**) à savoir :

- Détachement des grains de l'épi par choc et par froissement.
- Passage des grains à travers l'enchevêtrement de la paille.
- Passage des grains à travers la surface du contre batteur.

On obtient une séparation de **90 %** de grains aux organes de battage, les **10%** de grains restant .passent sur les secoueurs avec la paille.

La couche de récolte passant dans l'espace de battage est soumise à une succession de chocs des battes, lui transmettant une certaine accélération et une séparation .le chocs des battes provoque le frottement des tiges avec les épis .le froissement de ces derniers avec les arêtes du contre batteur et le détachement d'une certaine quantité de grains.

La couche de récolte présente une certaine élasticité, cette couche se comprime à chaque choc de batte .il se crée des vibrations forcées dans le sens radial du batteur qui améliorent la séparation des grains des épis.

La fréquence de battage dépend du nombre de battes et de la vitesse de rotation du batteur elle est exprimée par la relation suivante (**chocs/s**) :

$$i = \frac{R n z}{30} (s - 1)$$

**i** : Fréquence de battage

**R** : Rayon du batteur (**m**)

**n** : Vitesse de rotation du batteur (**m/s**)

**z**:Nombre de batte sur la partie du pourtour répondant à l'angle d'enroulement

### II.2.2.1 Vitesse du batteur et écartement batteur contre- batteur

La vitesse du batteur et son espacement avec le contre-batteur sont les facteurs les plus importants pour obtenir des résultats et ils doivent être réglés de concert.

#### a) Vitesse du batteur

Cette vitesse influe principalement sur deux facteurs important :

- La quantité de grain battu.
- La quantité de grain brisé ou mutilé.

#### b) Écartement entre le Batteur et le Contre-batteur

Selon **BOULAL et al. (2007)**, l'écartement entre le batteur et le contre- batteur influe sur :

- La qualité de battage.
- La quantité de grain séparé de la paille par le contre batteur.

Lorsque le battage difficile, l'espacement entre le batteur et le contre-batteur peut être réduit pour amenuiser la couche de paille entre ces deux éléments de façon à ce que la plupart des épis (ou panicules ou gousses) entrent en contact avec le batteur .un écart réduit entre le batteur et le contre-batteur peut également se traduire par une plus grande quantité de grain séparer de la paille .

Lorsque la séparation est suffisante, le battage se fait avec plus d'efficacité devant le contre batteur.

Lorsque l'espacement est plus important le battage à lieu principalement à l'arrière du contre batteur et le grain n'a pas le temps d'être séparé, ce grain tombe alors au travers des secoueurs pour être ensuite récupéré.

### II.2.3 Dispositif de séparation

Dans les moissonneuses batteuses conventionnelles, la séparation des **10% à 20 %** de grains restant dans le flux de paille doivent être récupérés au niveau des secoueurs.

Les secoueurs disposés longitudinalement sont animés d'un mouvement alternatif car ils sont fixés sur deux axes en forme de vilebrequin. Les redans (arêtes en forme de marche d'escalier) ainsi que leurs mouvements alternés assurent un écoulement vers l'arrière et une agitation de l'andain de paille. Cela permet de récupérer les derniers grains qui n'ont pas pu traverser le contre-batteur.

L'augmentation de la capacité de récolte d'une moissonneuse batteuse aboutie à une limite de la capacité de séparation des secoueurs traduit par une augmentation des pertes à l'arrière de la machine.

Augmenter leur nombre et leur largeur entraîne un accroissement de l'encombrement de la machine et des difficultés de fabrication.

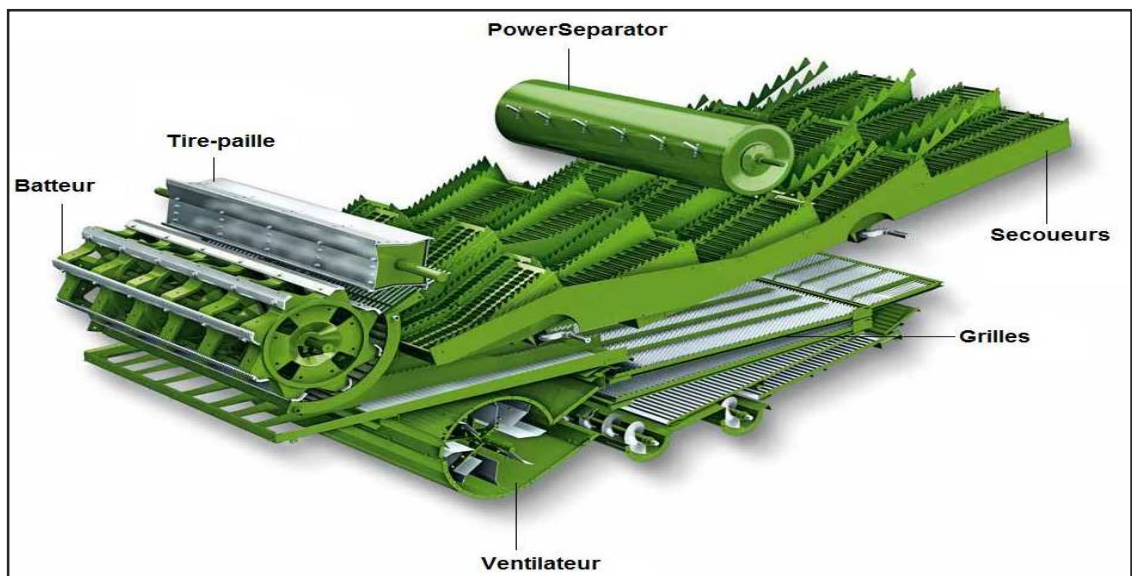
Aujourd'hui divers dispositifs ont été conçus pour assister l'opération de battage et secouage en assurant une excellente séparation grain - paille.

#### II.2.4 Séparateur Rotatif

C'est un séparateur transversal muni de barrettes à ergots situé immédiatement derrière la tire paille ou bien au milieu des secoueurs. (Figure 5 et 6)

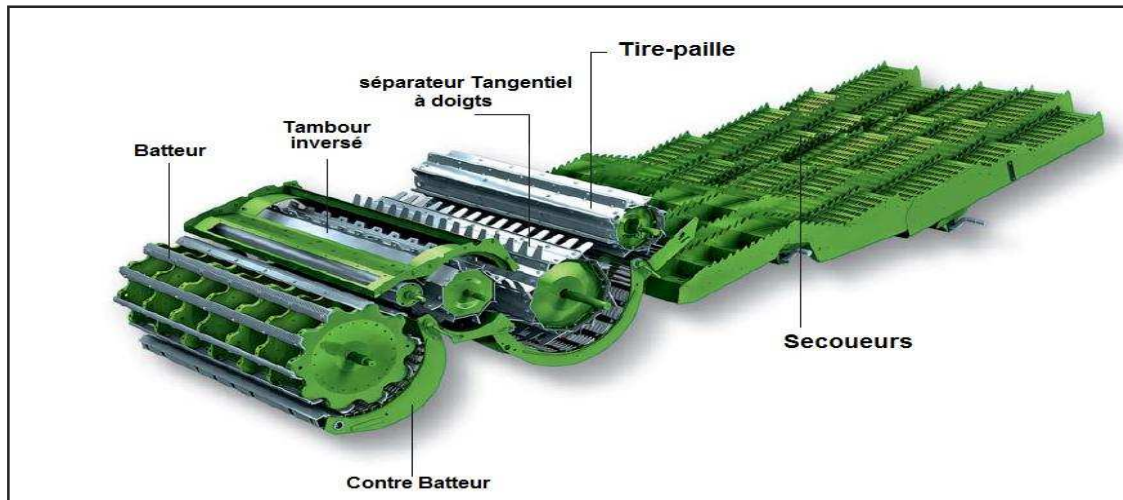
Selon LERAT (2009), Les machines qui en sont équipées sont des machines conventionnelle car elles disposent ensuite de secoueurs.

Ce séparateur complète l'action du batteur et de la tire paille et augmente la séparation grain-paille. Sa vitesse de rotation réglable (environs les deux tiers de celle du batteur).plusieurs marque qui sont équipées. (Figure 5)



**Figure 5** : Vue en 3D d'un système de séparation avec séparateur Rotatif sur les secoueurs.  
(JOHN DEERE, 2011)



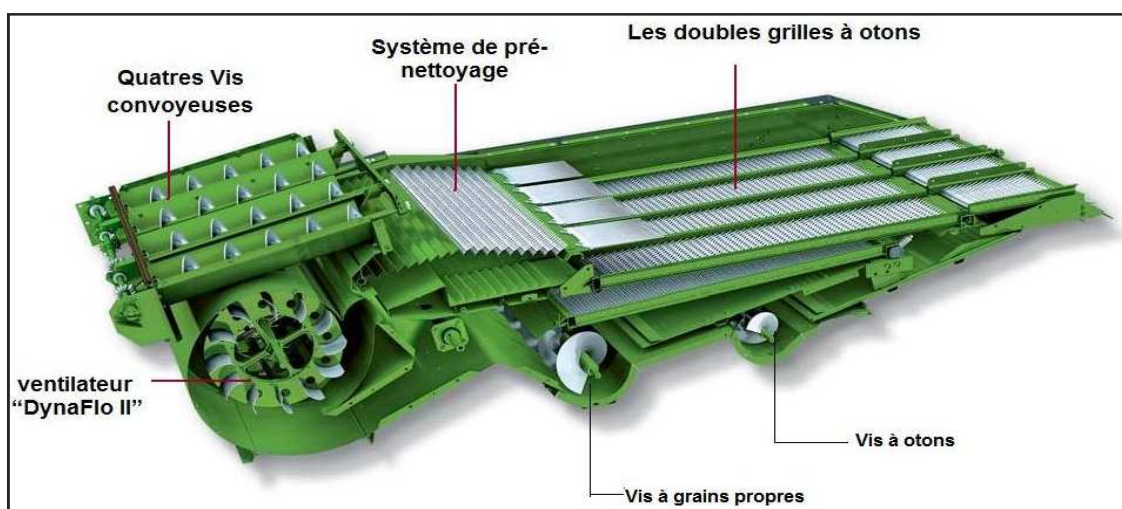


**Figure 6** : Vue en 3D d'un système de battage conventionnelle avec séparateurs rotatif. (JOHN DEERE, 2010[2])

### II.2.5 Système de nettoyage

L'augmentation de la capacité de battage et de séparation nécessite la mise en évidence d'une capacité de nettoyage adéquate, cette capacité dépend essentiellement de la surface des grilles, de la qualité de la ventilation (débit, répartition et surface d'action) et de l'homogénéité de la répartition des grains et des débris sur les grilles en cas de travail sur les pentes transversales, pour cela il faut que la table de préparation soit suffisamment cloisonnée.

A la place de la table de préparation les constructeurs **JOHN DEERE** et **CASE IH** utilisent des vis parallèles pour alimenter les grilles d'une façon homogène (**figure 7**). Pour le travail en pente la plupart des constructeurs proposent des dispositifs automatiques, pour compenser la pente, pour que le produit ne s'accumule pas sur le côté inférieur de la pente.



**Figure 7** : Vue en 3D d'un caisson de nettoyage avec des vis convoyeuses. (JOHN DEERE, 2011)

**BARATHELEMY (1985)**, précise que malgré les améliorations apportées aux systèmes de nettoyage, les risques de pertes par suite de mauvais réglage, et de débit de grains excessif sont élevés. Il préconise lors de la récolte de blé, des ouvertures de l'ordre de **12 à 14 mm** pour la grille supérieur et de **6 à 8 mm** pour la grille inférieur et une orientation des vents de manière à répartir le courant d'air uniformément sur les grilles .pour les récoltes sèches ,on dirige la majeure partie flux d'air vers l'arrière des grilles. Pour une récolte humide et en présence des verts, il est préférable d'orienter la ventilation vers la partie centrale des grilles.

Selon le même auteur, la concordance de la surface de nettoyage avec le flux de récolte qui travers le contre-batteur et les secoueurs est très importante pour la minimisation des pertes au niveau des grilles de nettoyage. Le **tableau 5** donne la surface de nettoyage et le type de ventilateur pour certaines marques de moissonneuses batteuses.

**Tableau 5** : Surface de grille de nettoyage avec le système de ventilation

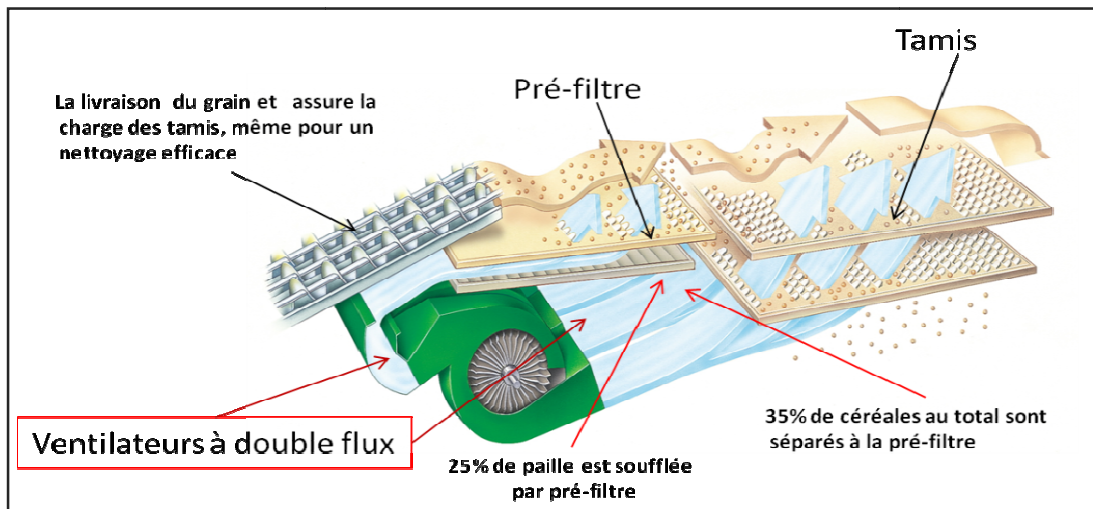
Machine	Conventionnelle				Axial			Hybride		
Marque	CLAAS		JOHN DEERE		New Holland		CASE IH	CLAAS		FENDT
Type	TUCANO 5 à 6 secoueurs		CWS 5 secoueurs		CR TWIN-ROTOR		AXIAL FLOW	LEXION Rotors APS		Série X Hy- Performa
Série	320	450	1450	1550	9060	9090	2388	510	560	9460
Surface de nettoyage m <sup>2</sup>	4,25	5,65	4,60	5,60	5,4	6,5	5,4	4,4	5,8	5,3
Le caisson	Double Chute		Flanc de coteau		OPTI-CLEAN		CROOS-FLOW-FAN	Préparation amovible		Venturi
Ventilateur	Soufflerie radiale	6 Turbines	Multipale		6 pales doubles		CROOS - FLOW	Radiale	6 Turbines	Double

(Source: CLAAS. JOHN DEERE. CNH. AGCO. 2011)

Le caisson de nettoyage à double ventilation garantit un nettoyage intensif à deux étapes. Le courant d'air est produit par plusieurs turbines dont l'intensité se règle électriquement depuis la cabine. La grille supérieure est nettement déchargée et la capacité de nettoyage est augmentée (**Figure 8**). On distingue plusieurs types de ventilateur suivant les constructeurs.

Le ventilateur joue un rôle primordial dans le nettoyage de la récolte par soufflage entre les grilles. Sur les moissonneuses-batteuses les plus récentes, la ventilation agit aussi à la sortie de la table de préparation pendant la chute du grain sur la grille supérieure.

Les ventilateurs modernes sont de type turbine, d'après **BOILLET (1999)**, ils viennent remplacer les traditionnels ventilateurs à pales. Ils créent un flux d'air plus régulier sur la largeur du caisson de nettoyage, rendant ainsi plus efficace le nettoyage du grain.



**Figure 8 : Vue en 3D d'un système de double flux de ventilation QuadraFlow. (JOHN DEERE 2010[2])**

### II .3 Machines non conventionnelles

Le choix d'une conception axiale est apparu en réponse à une volonté d'augmenter le débit sans accroître de façon trop importante la taille de la machine. Il fallait abandonner le concept traditionnel car, pour des débits élevés la phase de séparation implique des secoueurs de grande dimension. En revanche, avec un rotor axial, la séparation est rendue plus efficace du fait que l'on utilise la force centrifuge, pour dissocier le grain de la paille. A performances égales, la machine est bien plus compacte. (**ANONYME, 2011[1]**)

En revanche, la puissance motrice exigée est supérieure. Le premier prototype de batteur axial a été expérimenté en **1956**.

Selon **WEHRSPANN (1999)**, les constructeurs américains ont été les premiers à faire la projection d'une machine de grande capacité de travail, dotée d'un système de battage axial. Ces machines ont été commercialisées aux états unis en **1977**, et à l'Europe en **1979**. Ce système s'est révélé très intéressant. Car il permet d'améliorer le processus de battage de divers aspects .avec un encombrement moindre de la machine.

La figure **9** et **10** donne une idée sur l'évolution dans la construction des organes de battage et de séparation.



De nombreux systèmes non conventionnels ont été mis au point que souvent leur commercialisation fût ensuite abandonnée.

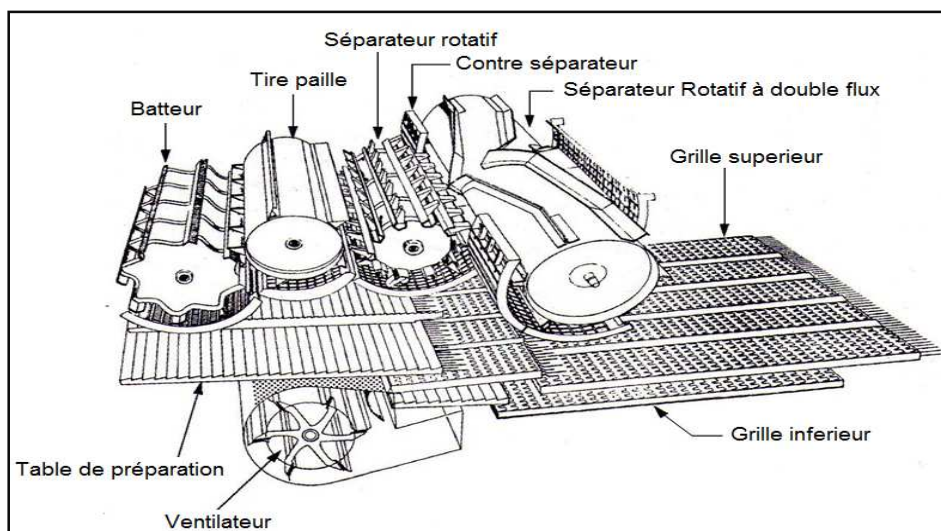
### II.3.1 Machine à séparation forcé

Ce sont des machines non conventionnelles à cause de leur grande puissance plus de **150 cv**, dont les secoueurs sont remplacés par un ou plusieurs rotors .ces dispositifs permettent en partant d'un batteur de même diamètre et de même largeur d'augmenter la capacité de battage de **30 à 50 %** en gardant un taux de pertes faible. Par rapport à une machine de battage conventionnelle, sans modifier l'encombrement.

#### II.3.1.1 Séparateur rotatif à double flux (TWIN -FLOW) de NEW HOLLAND

Ce système de battage comporte un batteur et contre batteur -classique et le tire -paille, les secoueurs sont remplacés par un séparateur rotatif (barrettes à ergots) tournant à **760** ou **400 tr/min**.

Le séparateur rotatif à double flux (**figure 9**) : est un cylindre de plus grande largeur muni de pales qui divisent le flux de paille en deux (côté droit et gauche).de chaque côté est disposé un contre -séparateur au niveau duquel le grain est séparé de la paille par la force centrifuge.la vitesse de rotation varie avec celle du séparateur rotatif (égale au  $\frac{6}{7}$  de sa vitesse).les deux andains ainsi formés peuvent être regroupés en une seule grâce un déflecteur arrière.



**Figure 9** : Vue en 3D d'un système de séparateur rotatif à double flux. (TWIN FLOW)  
(BONAVENTURE M., 2011)

Le système **TF** s'adapte bien aux pailles denses, humides et difficiles à secouer, offre une capacité de séparation supérieure, un encombrement mécanique plus faible que les traditionnels secoueurs, d'où son intérêt sur des machines de très forte puissance.

Ce principe de séparation a déjà fait ses preuves depuis **1983** sur les **TF 42** et **TF 44**. Ces deux machines, avec respectivement **180** et **220 cv** (mais seulement **1.30 m** de batteur) ont été complétées en **1987** par un modèle de **1.56 m (TF 46)**. Elle a été remotorisée à **330 cv** en **1992** pour devenir en **1995**, avec une nouvelle cabine et un système de transmission d'informations par fibre optique, l'**ELEKTRA 78**. Cette machine, bien que munie d'un système de battage comparable aux **TX 66** et **68**, permet des **débits/h** supérieurs en céréales et très supérieurs en maïs (**300 à 350 q/h**). (**LECLERCQ et LAJOUX, 1997**)

### II.3.1.2 Séparation par Cylindre multiple (CS) de CLAAS

Le séparateur à cylindre multiples remplace les secoueurs comme le précédent, par un ensemble de même largeur que le batteur et de longueur réduite, suivant une pente constante. Il est constitué par :

- Une série de **08** cylindres transversaux identiques, d'axes parallèles entre eux et au batteur, avec une égale légère dénivellation de l'un à l'autre. Ces cylindres sont munis sur leur périphérie et sur toute leur largeur d'ergots disposés en spirale. Ils tournent tous à la même vitesse. (**Figure 10**)

Quatre vitesses de rotation sont possibles (**430, 540, 650 et 810 tours/min**). Ils permettent une évacuation rapide de la paille en une couche plus mince d'où une bonne séparation avec le grain. Les corbeilles situées sous les cylindres peuvent être rapprochées ou éloignées par un vérin commandé depuis la cabine. (**LERAT, 2009**)

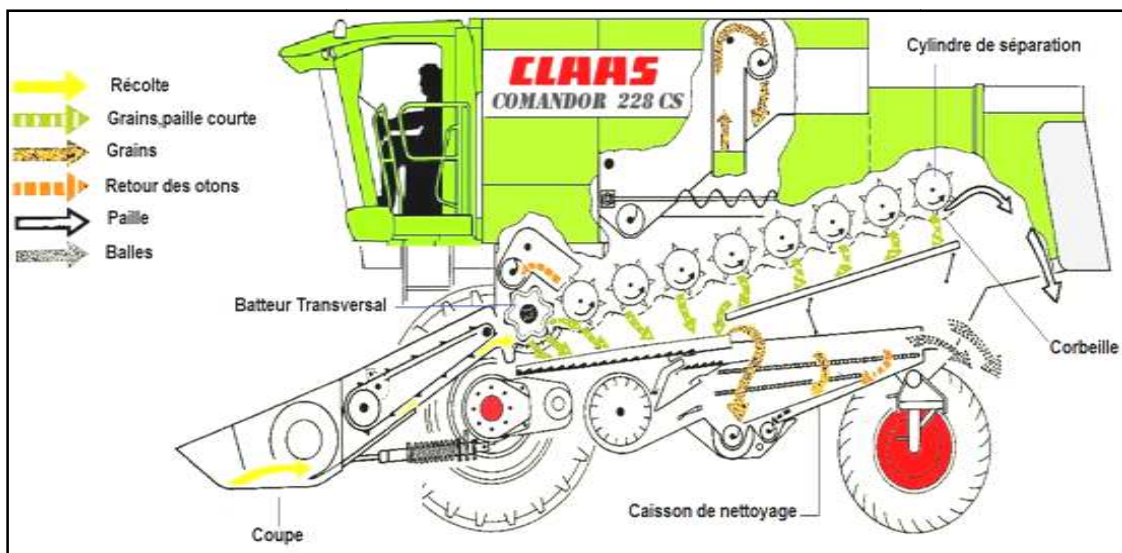


Figure 10 : Vue en coupe d'un système de séparation par cylindre multiple. (CS CLAAS) (CLAAS, 2002)

Cet ensemble compact d'encombrement limité produit comme le dispositif précédent, une séparation énergique qui permet une action moins brutale du batteur et un fonctionnement insensible à la pente. Ce système n'est plus commercialisé.

### II.3.2 Machine à battage, séparation axial

Les machines axiales ou longitudinal, a fait son apparition aux États Unis en 1979. sur ces machines la table de coupe et les organes de nettoyage sont les mêmes que sur les machines conventionnelles, mais l'ensemble batteur tire-paille et secoueur a disparu pour être remplacé par un ou deux batteurs de plus grand diamètre situé longitudinalement. Plusieurs variantes existent selon les marques et les constructeurs.

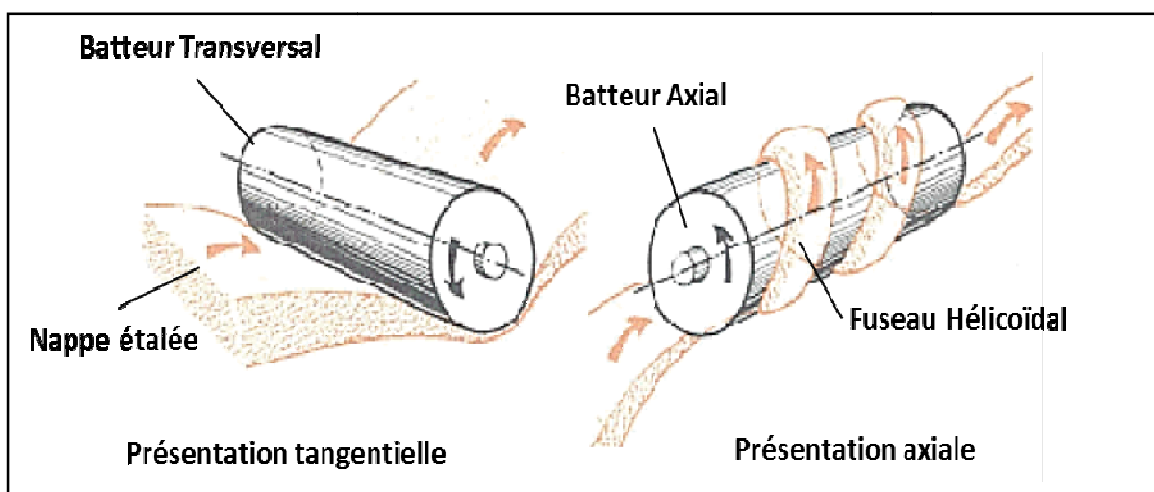


Figure 11 : Présentation des deux systèmes de battage (ANONYME ,1980)

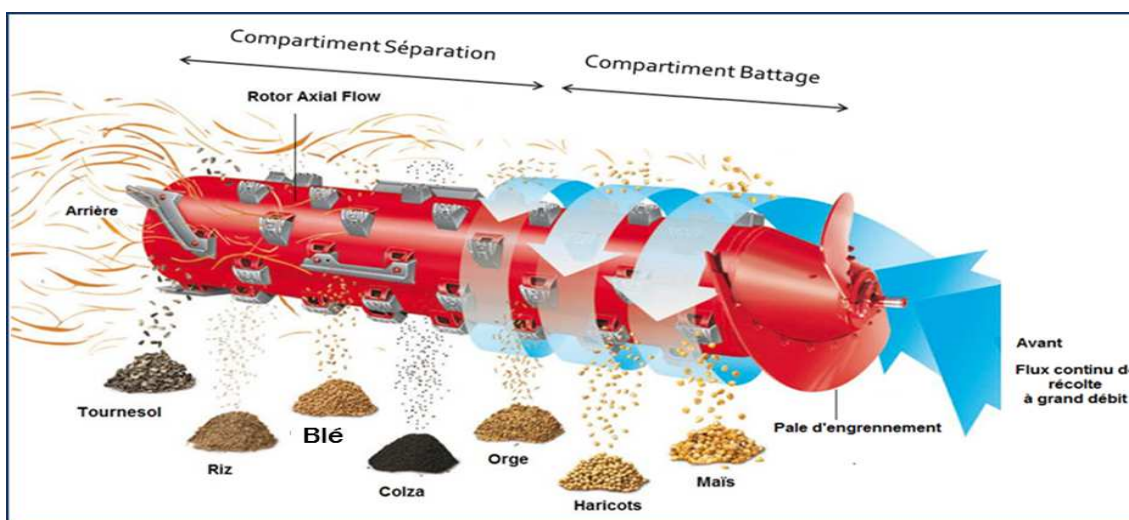
### II.3.2.1 Batteur-Séparateur axial à mono rotor

La récolte s'enroule autour du batteur et progresse en suivant un mouvement hélicoïdale. Le battage s'effectue par chocs au niveau du contre batteur cylindrique. Puis la séparation est faite par centrifugation à travers la contre grille cylindrique, on distingue plusieurs modèles selon les constructeurs de machines.

#### II.3.3.1.1 Axial flow de CASE IH

Les moissonneuses-batteuses **Axial-Flow (Case IH)** disposent d'un seul batteur légèrement incliné vers l'avant d'environ **0,80 m** de diamètre et **2,40 m** de long. Sa partie avant se compose de trois pales d'engrènement. La partie médiane comporte des battes pour le battage. Sa partie arrière munie d'ergots assure la séparation. Il est situé dans un cylindre appelé cage ou contre-rotor. La partie médiane (contre-batteur) est constituée de trois éléments amovibles réglables en écartement. La vitesse de rotation est réglable grâce à un variateur entre **300 et 1 200 tr/mn.** (Figure 12)

L'andain de paille effectue environ **5 à 7** tours autour du rotor. L'entraînement du rotor est effectué par le haut (proche du moteur) ce qui simplifie énormément la transmission du mouvement et diminue le nombre de pièces et de courroie. L'accès au rotor est facile par le côté de la machine.



**Figure 12** : Vue en 3D d'un batteur axial de la moissonneuse batteuse Axial Flow (CASE IH, 2011)

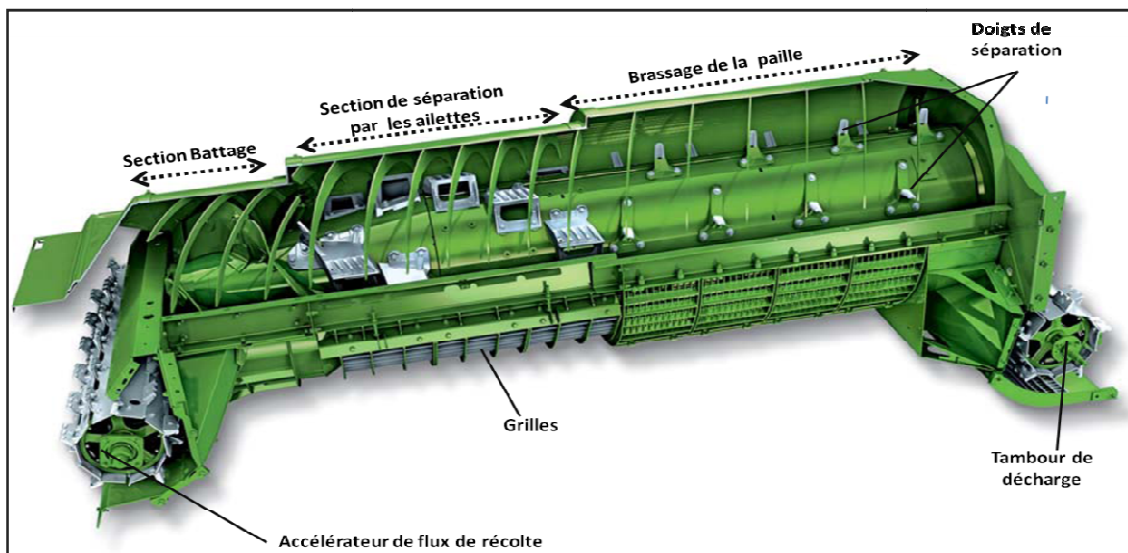
La série **Case IH** axial flow reste une machine non-conventionnelle de référence, appréciée pour sa fiabilité et ses performances en conditions sèches. Ses performances sont jugées élevées : **195 q/h** en moyenne en blé. Elles sont limitées par la puissance du moteur et les conditions de récoltes, notamment en présence de pailles longues, et/ou vertes, humides.

La paille est jugée brisée en cas de forte chaleur et de paille mature et/ou malade. La consommation en carburant est jugée élevée, elle varie de **25 à 40 litres/heure (34 litres en moyenne)**. (CUMA, 2011)

Selon LECLERCQ (2009), L'axiale CASE IH actuelle, reprend les caractéristiques bien connues du battage axial monocylindre mis au point au début des années **80**. Mais la nouvelle axiale a bien évolué. Elle est toujours dotée du rotor de grand diamètre (**762 mm** aux plots) mais son tube central est plus petit de manière à réduire la puissance absorbée, faciliter l'évacuation de la paille et améliorer le fonctionnement en conditions humides.

### II.3.3.1.2 STS (système de progression en trois phases) axial de JOHN DEERE

Le système de séparation à doigts, le rotor est comme celui de l'Axial flow mais avec une haute performance. Il est doté d'une section avant effilée limitant sa charge et ses exigences en termes de puissance et améliorant l'efficacité de l'ensemble du système de battage et de séparation. L'acheminement de la récolte dans le système requiert moins de puissance. Ce système offre un équilibre parfait entre performances et qualité de paille et de grain. Son système de séparation à doigts à un seul module garantit une qualité de grain et un rendement. (Figure13)



**Figure 13** : Vue d'un système de battage et séparation axial STS de John Deere (JOHN DEERE ,2011)

Le produit est dirigé depuis l'accélérateur de flux de récolte vers la section de battage, via le système de progression de la matière en trois phases. Les cannelures des éléments de

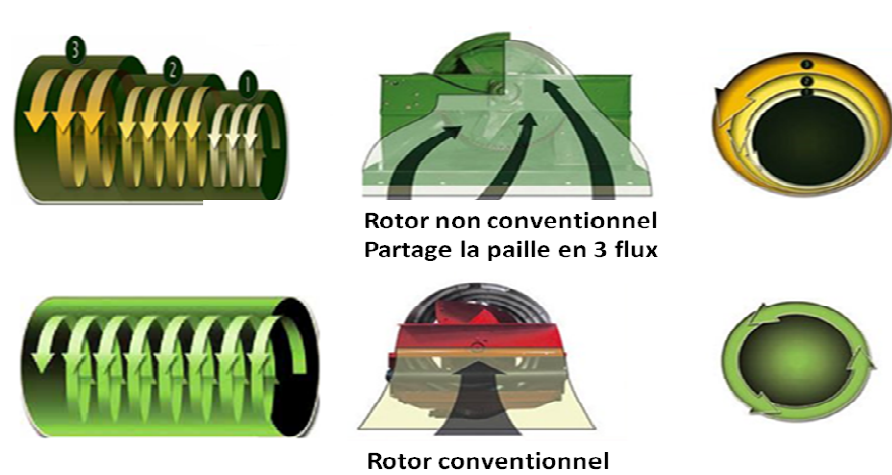


battage permettent au rotor conique de traiter de gros volumes de matière, de même que les stries du canon d'une arme favorisent la propulsion de la balle. Ces éléments cannelés "Saisissent" la récolte en la tirant afin d'uniformiser le flux, améliorant les performances de battage du rotor.

La récolte est ensuite acheminée vers le système de séparation par de robustes ailettes situées sur la partie supérieure du module.

Selon **JOHN DEERE, (2011)** : la séparation à doigts est conçue pour respecter la paille. Les corbeilles de séparation en fonte nodulaire peuvent être abaissées pour un accès facile au séparateur, tandis que les peignes ouverts éliminent pratiquement tout risque de bourrage.

La **figure 14**, représente les mouvements de la récolte au niveau du rotor conventionnel et non conventionnel.

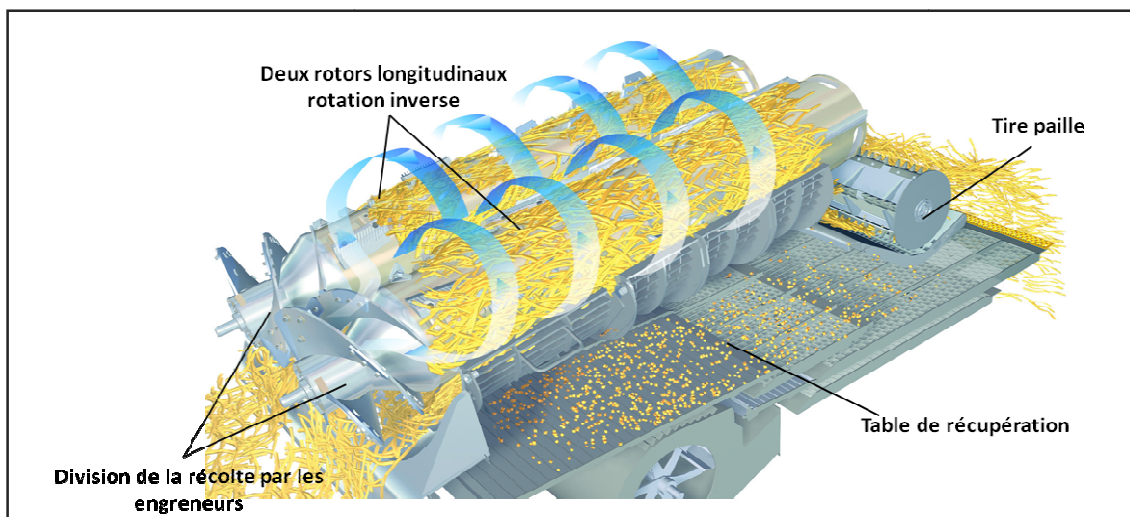


**Figure 14** : Principe de fonctionnement de deux types de rotors (**JOHN DEERE ,2010 [1]**)

### II.3.2.2 Batteur –Séparateur axial à double rotor (TWIN ROTOR) de New Holland

Les moissonneuses batteuses **TWIN ROTOR (TR** de New Holland) disposent d'un système de battage et de séparation à double rotors. Selon **VLADUT, 2009** : c'est est un concept révolutionnaire utilise deux rotors montés longitudinalement qui donnent un haut niveau de grain sur grain de battage ainsi la manutention des grains plus doucement que les autres systèmes.

Les rotors répandre la récolte sur deux surfaces concaves pour créer une énorme zone active de travail, et utilisent la force centrifuge pour une séparation plus efficace pour augmenter la vitesse et la capacité de récolte. (**VINCENT, 2008**)(**Figure 15**)



**Figure 15 :** Vue en 3D d'un système de battage séparation à deux rotors (NEW HOLLAND, 2011)

Les deux batteurs longitudinaux de **450 mm** de diamètre et de **2,3 m** de longueur, la vitesse de rotation réglable entre **300 à 1500 tr/min**. ce système permet d'obtenir des machines moins encombrantes, donc avec un petit gabarit et une grande capacité de travail.

Cette moissonneuse batteuse **TR** est considérée comme machine très performante, parmi les plus puissantes dans la mesure où elle améliore sensiblement la capacité de surface horaire récoltée (largeur de coupe jusqu'à **10, 7m**) grâce à sa possibilité d'alimentation et donc d'avancement plus rapide et possède une bonne maniabilité. (LECLERCQ, 2009)

## II.4 Machine Hybride

### II .4.1 Définition de la notion Hybride

À chaque fois que les chercheurs emploient le mot "**hybride**", on dirait qu'ils ont découvert quelque chose de particulier. Le premier sens du mot hybride met l'accent sur un tout, constitué de types ou de processus de nature différente.

La particularité de ce concept réside dans le fait que les éléments rassemblés représentent déjà séparément des solutions, mais que l'association de ces éléments permet d'obtenir les nouvelles propriétés recherchées. (CLAAS VISION, 2011)

### II.4.2 Principe de fonctionnement

La moissonneuse-batteuse hybride est apparue en **1996**. Elle combine un batteur transversal de grand diamètre (**660 mm**) et de **1m40** de largeur et deux séparateurs rotatifs à doigts longitudinaux à la place des secoueurs. (Figure 16)

La position excentrée des séparateurs dans leur cage de rotation améliore leur efficacité en conditions humides.

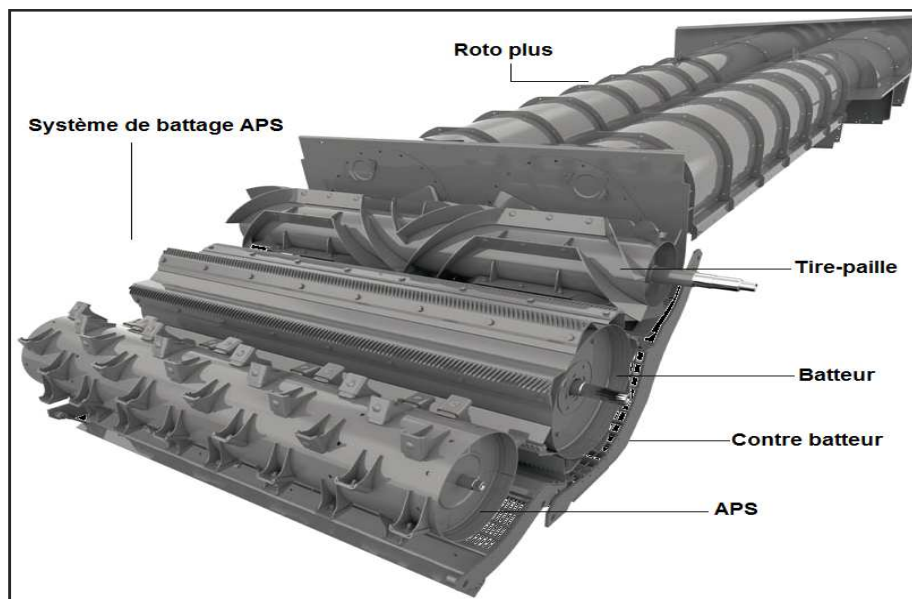
Le système de séparation tangentiel offre plusieurs avantages :

- Le régime des batteurs est modulé indépendamment de la vitesse du rotor.
- Le battage et la séparation s'adaptent en permanence aux conditions de récolte.
- Battage respectueux et performances maximales.

La conception de ces machines hybrides robuste, elle dispose d'un bon rapport performances/encombrement et permettrait des performances élevées, même en conditions de battage difficiles.

La **figure 16**, représente la conception d'un batteur-séparateur hybride, avec un système de battage conventionnel de grand diamètre à l'avant et un deux rotors séparateur à l'arrière.

Selon **GRROULT (2004)**, les moissonneuses batteuses hybrides caractérisées par un module de séparation forcée positionné dès la sortie du tire paille, ce module de séparation constitué de 2 séparateurs longitudinaux à doigt et à rotation inversée, ce principe de battage conventionnelle avec la séparation centrifuge est bien adapté aux différentes conditions de récolte.



**Figure 16** : Vue en 3D d'un système de battage et séparation d'une moissonneuse batteuse Hybride (CLAAS, 2011)

Selon **MIROUX (2007)**, Le système de battage d'une moissonneuse-batteuse hybride ne s'appréhende pas de la même manière que celui d'une conventionnelle, du fait de l'efficacité des rotors de séparation. Pour les axiales, la conception du ou des rotors (diamètre en hausse, dégagement avec les contre-rotors) permettent de desserrer le flux et de travailler



avec la force centrifuge. À noter que, de par leur conception, les axiales se règlent plus facilement que les hybrides. En contrepartie, ces dernières offrent en général plus de paramètres directement ajustables en cabine.

## II.5 Comparaison entre les systèmes de battages

La différence entre les deux systèmes de battage outre leur conception, réside dans le mode d'action du batteur sur le flux de récolte .depuis l'apparition du système de battage axial, plusieurs travaux de recherche ont été effectués en vue de mettre en évidence l'efficacité de ce nouveau système par rapport au système classique (battage tangentiel).

Le chercheur **WAKER (1988)**, à essayer de déterminer les avantages et les inconvénients présentés par les deux principaux systèmes de battage (axial et tangentiel) équipant les moissonneuses batteuses actuelles (débit de chantier, pertes, taux de séparation) sur le blé .Il a utilisé deux moissonneuses-batteuses dans les mêmes conditions de travail avec une vitesse linéaire de battage de **30,1 m/s**. une humidité de la paille **19%** et pour le grain de **11%** , un rapport grain /paille varie entre **1** et **1,26**.il a choisie comme paramètre variable la capacité de récolte (vitesse d'avancement ), son effet sur le taux de pertes total, la casse ,et la séparation.

Les résultats représentées par les graphes de la **figure 17** et **18**, on déduit que l'efficacité de travail du système de battage axial n'est pas affectée par l'augmentation de la capacité de récolte ; autrement dit les machines équipées d'un système de battage axial peuvent avoir une grande capacité de récolte sans qu'il y' à crainte d'une chute de qualité de travail par rapport à une machine conventionnelle.

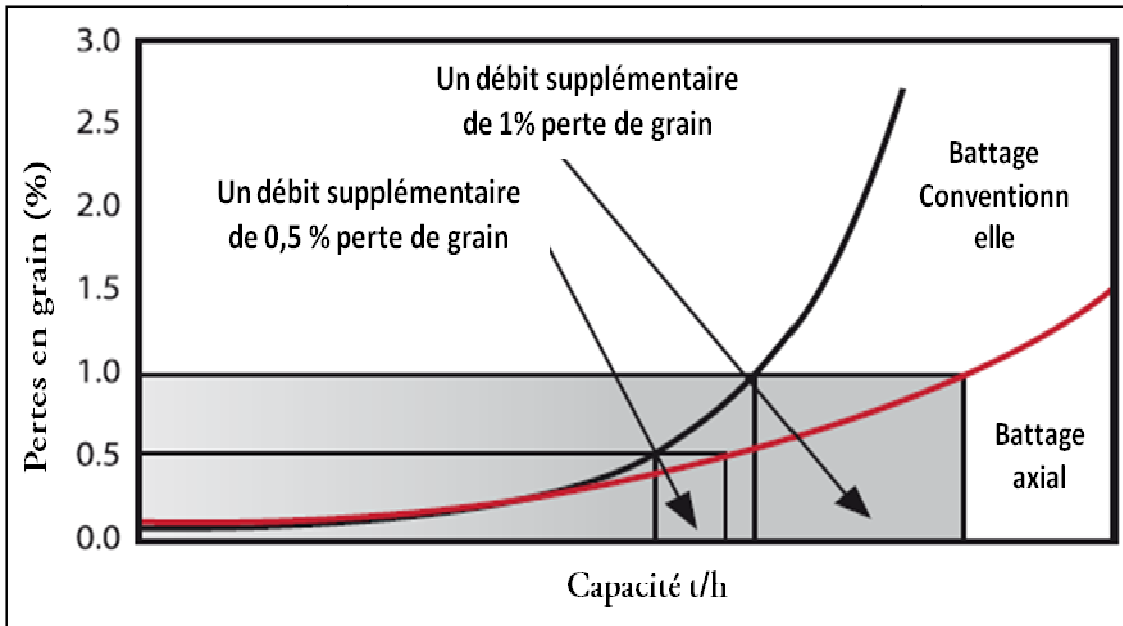


Figure 17: Influence de la capacité de récolte sur le taux de pertes total de deux systèmes de battage (WAKER ,1988).

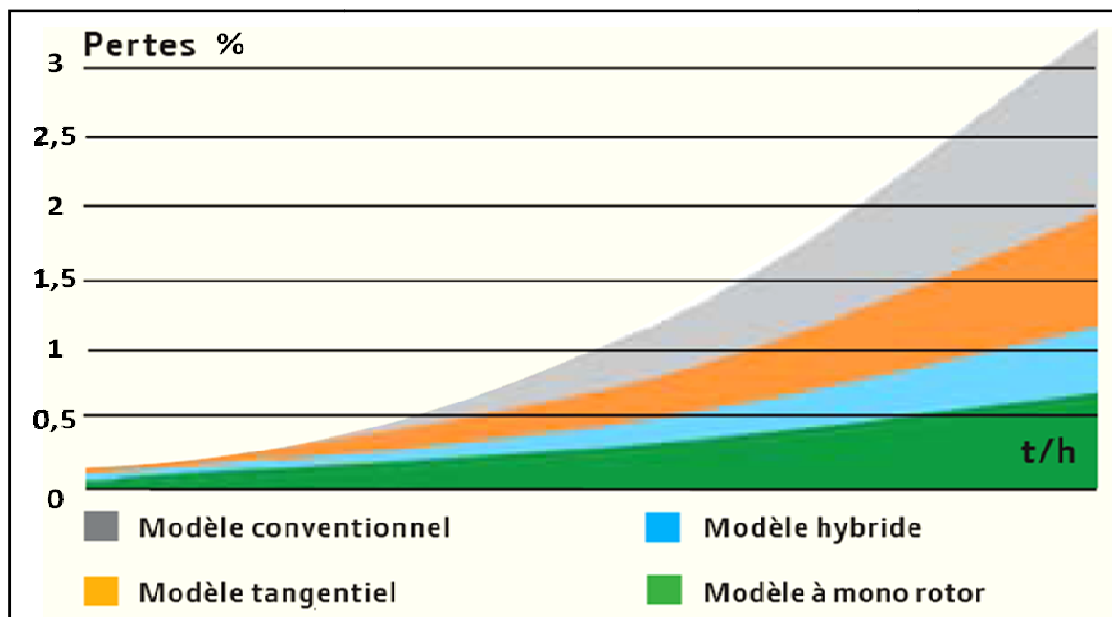


Figure 18 : Performances de 04 modèles de moissonneuse-batteuse (JOHN DEERE, 2011)

Le graphique ci-dessus fait le parallèle entre pertes et rendement. Sur toutes les moissonneuses batteuses, l'augmentation du rendement est associée à une hausse des pertes. Il est également possible d'associer le rendement et les pertes aux technologies des différents

modèles, et de comparer l'efficacité des systèmes de battage et de séparation. Ainsi, plus un modèle conventionnel est sollicité, plus ses pertes seront importantes.

Chez les moissonneuses-batteuses tangentielles, il y a une possibilité d'accroître le rendement sans aggraver les pertes. Il en est de même pour les machines à mono rotor et hybride, cette dernière affichant la courbe de performances la plus stable tout au long d'une journée de travail. (JOHN DEERE ,2011).

Le tableau ci-dessus présente quelques critères permettant de choisir un type de moissonneuse-batteuse.

**Tableau 6:** Critères permettant de choisir un type de moissonneuse-batteuse.

Type de la machine	Conventionnelle	Non conventionnelle	
		Axiale	Hybride
<b>Critères</b>			
<b>Polyvalence</b>	Convient à tout type de récolte (céréales, oléoprotéagineux ).	Machine mois polyvalente, mais surtout adapté a la récolte des maïs	Machines très polyvalente avec séparation forcée de grain, permet de travailler en conditions humides
<b>Qualité de grains</b>	Risque de casse de grain plus élevé car le grain est moins protégé lors du battage réalisé par chocs	Battage réalisé par système de frottement ce qui limite l'effet de choc et donc la casse	Bonnes qualité des grains. Attention au réglage du système de battage pour éviter que le grain ne soit soumis à de trop fortes contraintes.
<b>Qualité de la paille</b>	Machine qui préserve la paille, souvent qualifiée de belle par les éleveurs	Machine préservant peu la qualité de la paille, qui par frottement se désagrège (reproche en zone d'élevage)	Idem qu'une axiale
<b>Débit de chantier</b>	Limité par rapport à une axiale	Plus élevé qu'une conventionnelle notamment en maïs. Attention par contre en condition humides.	Machine offrant le débit de chantier le plus élevé, surtout en conditions humides

<b>Entretien</b>	Pièces et points de contrôle importante.il faut impérativement les réviser pendant l'hiver	Mois de pièces et points de contrôle .ependant, les organes de battage sont soumis à des efforts, ce qui peut accélérer le remplacement (Cout des pièces élevé)	Point de contrôles importants mais aussi contraignant qu'une axiale
<b>Consommation</b>	Machine offrant une consommation plus raisonnable	A capacité égale, ce type de machine est plus consommateur qu'une conventionnelle (+10 litre /heure /240 Cv)	Consommation aussi importante qu'une axiale ; penser à valoriser la machine avec de grandes largeurs de coupe.
<b>Transport</b>	Largeur importante en fonction du type de batteur (jusqu'à 170 cm)	Transport sur route plus facile car le gabarit moins imposant (moins largeur et plus courte)	Transport encombrant car gabarit se rapprochant des conventionnelles
<b>Offre constructeur</b>	Claas ,Deutz Fahr ,Fendt ,John Deere ,Laverda , Massy Fergusson ,New Holland	Case Axial Flow , John Deere S Massy Fergusson	Claas ,John Deere New Holland ( double rotor) Fendt et Deutz Fahr

(Source : C.A.G., 2010)

## II.6 Conclusion

Deux moissonneuses-batteuses vendues sur trois sont des machines à secoueurs ou non conventionnelles (hybrides ou axiales). La part des machines non conventionnelles ne cesse d'augmenter du fait de leur niveau de performance. (ANONYME ,2011[1])

Alors que les machines non conventionnelles ont le potentiel pour valoriser l'augmentation de la puissance moteur. « La capacité d'une moissonneuse-batteuse dépend essentiellement de sa surface de séparation forcée », rappelle **MIROUX (2007)**, responsable produit chez **CLAAS**.

Les moissonneuses batteuses non conventionnelles sont en effet peu encombrantes et maniable. Mais contrairement à ce que l'on pouvait espérer, elles occupent une faible part du marché (de moins au moins implorante) car elles représentent deux inconvénients :

- Le système de battage laisse un andain de paille plus brisée et plus difficile à récolter avec une ramasseuse presse.
- À débit identique elle nécessite généralement un moteur plus puissant (donc souvent une consommation d'énergie plus élevée).

La qualité de travail satisfaisante, est obtenue sur diverses récoltes, avec un faible taux de casses des grains, ce qui constitue un avantage très important pour les plantes fragile (haricot, féverole, soja) (ANONYME, 1992).

D'après FAIBRANKS *et al.* (1978) *in* DJERBIB (1987), le pourcentage des grains cassés est trois fois moins avec une moissonneuse batteuse à flux axial qu'une moissonneuse batteuse conventionnelle. Donc sont des machines très appréciées des maïsiculteurs et des producteurs de semences. et bien adaptées à la récolte des grosses graines fragiles et en règle générale à toutes les espèces dont la récolte est destinée à la production de semences.

# **CHAPITRE III: ETUDE SUR LES PERTES EN GRAIN**

### III.1 Introduction

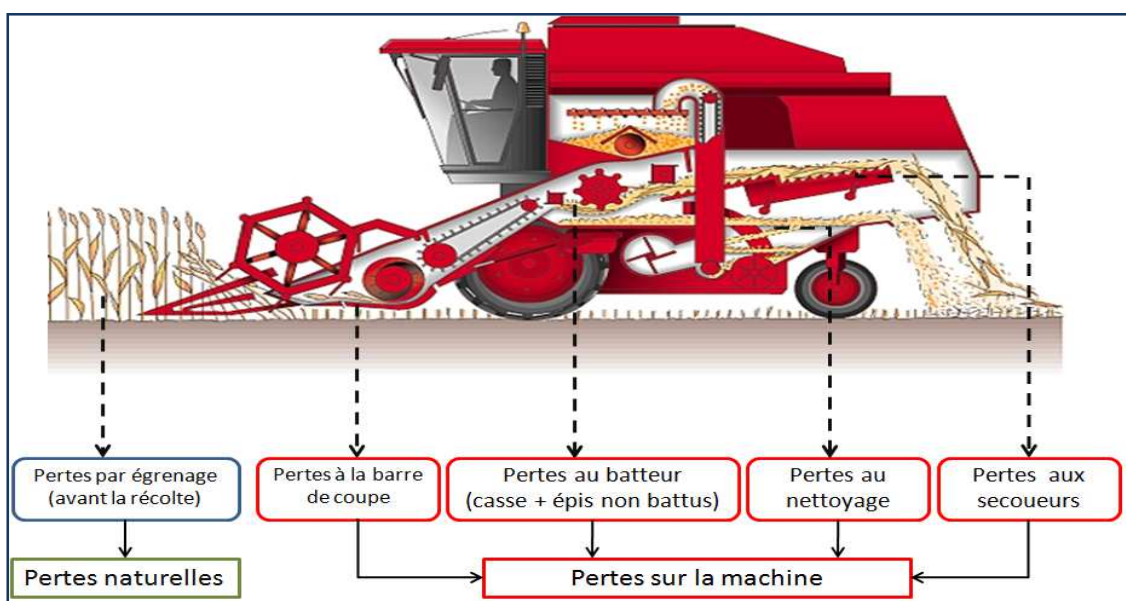
Le débit de la moissonneuse batteuse est limité par son pouvoir de séparation des grains au niveau de système de battage et au niveau des organes de séparation et de nettoyage. L'efficacité de la séparation est étroitement liée à au volume de la couche de récolte qui transite dans l'espace de battage et la surface de séparation.

La séparation grain-paille devient difficile avec l'augmentation de l'épaisseur de la couche de paille, entraînant ainsi une croissance du taux de pertes en grains.

Une moissonneuse-batteuse bien réglée et bien utilisée doit perdre moins de **1 %** de la récolte en céréales. Sur d'autres espèces comme le pois, le colza, le niveau des pertes peut être autant lié à l'état de la culture, aux conditions de récolte ou au choix des équipements qu'à la précision des réglages. L'ensemble de ces conditions pèsent donc fortement sur la qualité du produit récolte, sur les performances de la moissonneuse-batteuse, et par conséquent sur le coût de la récolte.

### III.2 Classification des pertes en grain

Lors de l'évolution d'une moissonneuse-batteuse sur le terrain le contact, entre la plante et les différents organes (responsables de l'extraction des grains du reste de la plante) (KACI, 2007), engendrent des pertes qu'on peut classer donc suivant leurs origines comme suit : (Figure 19)



**Figure 19** : Ensemble des pertes en grains dans la moissonneuse batteuse.

Ces pertes peuvent aussi avoir une autre classification qui tienne compte la nature de la perte :

- **Perte quantitative** : c'est la quantité des grains (estimée en poids) perdue à chaque niveau de l'enchaînement de l'opération dans la moissonneuse batteuse. Et on peut ajouter l'ensemble des grains laissés derrière la machine : soit des tiges non récoltées ou bien des épis non battus.
- **Perte qualitative** : cette dernière représente essentiellement l'état du grain récolté, c'est-à-dire le concassage et l'impureté de l'ensemble des grains récoltés, cette perte peut être attribuée directement à des organes précis de la machine (organes de battages, de séparation et de nettoyage).

Une autre classification des sources de la déperdition en grain, proposée par **LAABASSI, (2010)** qui sont liées à la machine :

- **Des Pertes dues à une mauvaise exploitation de la machine** : regroupent l'ensemble des erreurs commises dans les réglages et l'adaptation aux conditions de la culture et les conditions relatives au déroulement normal de l'opération de récolte, cette classe prend en considération le fait que la machine possède déjà toutes les solutions fonctionnelles opérables et toutes les possibilités d'adaptations aux situations qui présentent.
- **Des Pertes dues à une limite d'exploitation de la machine** : ces pertes proviennent essentiellement de l'incapacité de la machine à effectuer sa fonction proprement, les solutions fonctionnelles à certaines situations sont limitées (inadaptation et limite d'exploitation) ...

### III.3 Perte naturelles

Ces pertes se produisent dans le champ, avant que la récolte n'ait commencé et sont dues aux effets du vent et des intempéries.

La verse des céréales constitue souvent dans les zones à forts potentiels de production une cause importante de pertes de rendement. En cas de verse précoce et intense, les pertes peuvent s'élever à plusieurs dizaines de quintaux par hectare.



Parallèlement à ces diminutions de production, la verse peut exercer également un effet préjudiciable sur la qualité du produit, notamment en créant des conditions environnementales au voisinage des épis favorables à l'activité **A-Amylasique** des grains ainsi qu'à la germination sur pied. En outre, la verse augmente le temps de récolte, jusqu'à un facteur de l'ordre de 3 dans le cas de parcelles totalement versées. (**GATE et al, 1996**)

L'apparition de la verse sur une parcelle fait suite à l'action de facteurs d'expression comme des pluies orageuses ou des vents violents ; mais en fait, la prédisposition à la verse s'acquiert bien plus tôt, au cours du cycle de la plante.

Ces facteurs d'induction ont plusieurs origines et interagissent entre eux : le facteur variétal, les techniques culturales et les conditions climatiques intervenant sur la croissance. Actuellement, pour lutter contre la verse, les préconisations en termes de choix de traitements reposent sur une appréciation subjective ou peu formalisée du risque de verse résultant de ces facteurs.

Malgré l'apparition des variétés naines et des solutions Phyto -Techniques (régulateurs de croissance des plantes « **Plant Growth Regulators (PGRs)** » et la diminution l'apport en fertilisant azoté) la culture ne reste pas à l'abri de la verse, des études récentes ont montré que ce problème existe toujours, une analyse des effets de plusieurs gènes de nanisme sur le rendement du blé par **FLINTHAM et al. (1997)**(in **BERRY et al, (2004)**) a montré que la hauteur minimale de la culture pour un rendement optimal est **0.7 m** et l'utilisation **PGR** est devenue restreinte à cause des résidus de « **Chlorméquat** » détectés dans les cultures traitées (**JUHLER et VAHL, (1999) in BERRY et al, (2004)**). D'après **BERRY et al, (2004)** des stratégies de substitution pour réduire le risque de la verse des céréales doivent être recherchées.

D'une manière générale lorsque les tiges ne supportent pas les sollicitations mécaniques, les zones les plus faibles de la structure des tiges (*caractère biologique*) cèdent et la culture se présente en une nouvelle situation et les paramètres à prendre en considération dans l'interaction avec la machine (*conception de la machine*) à la récolte changent aussi (*problème d'interaction plante-machine*).

Les pertes en grains par la verse augment proportionnellement avec l'angle de courbure, une verse à **45°** cause une perte de un quart du rendement et la moitié à **80°** d'inclinaison dans le blé (**FISCHER et STAPPER, 1987**) et l'orge (**SISLER et OLSEN, 1951**) et l'avoine (**PENDLETON, 1954**) ; la verse devient moins importante aux stades plus avancés du cycle biologique (*in BERRY et al, (2004)*).

- **Céréales versées : comment les récolter ?**

La recolte d'une parcelle de céréales versées à **100 °**. **KLAUS (2007)**, a exigé quelques précautions élémentaires : descendre la barre de coupe au ras du sol : réduire la vitesse d'avancement pour éviter les bourrages à la barre de coupe : ne pas surcharger les différents organes de battage, nettoyage et secouage car la paille abondante et souvent humide augmente les risques de bourrage. Enfin, la récolte de ces parcelles, au moment le plus sec de la journée, facilitera le bon fonctionnement de la moissonneuse-batteuse.

### **III.4 Pertes sur la moissonneuse batteuse**

#### **III.4.1 Les pertes au tablier de coupe**

Le rôle principale du tablier de coupe est de recueillir une partie de la plante qui renferme le fruit qu'on souhaite récupérer, les grains dans le cas des céréales sont renfermés dans une structure appelée « **épi** » ce dernier est porté par une tige de longueur définie.

Le rabatteur est le premier élément du tablier de coupe et de la machine qui entre en contact avec la plante (mis à part les diviseurs et les releveurs ou bien les cultures qui ne nécessitent pas l'intervention du rabatteur ou autre mode de moisson), le rabatteur doit rabattre les tiges à la coupe et les faire tomber dans la table de réception (grâce aussi à l'avancement de la machine) afin qu'elles soient dirigées aux système de battage.

Le rabatteur, par le contact direct avec la plante, engendre des pertes par choc et frottement ou bien les tiges ne sont pas dirigées d'une manière correcte à la coupe, puis à la réception sur toute la largeur de travail. (La combinaison des réglages n'est pas correcte : rapport des vitesses et positionnement des organes).

Les pertes sont généralement d'ordre quantitatif, elles peuvent être évitées ou minimisées à des valeurs admissibles si les réglages sont corrects, ainsi que si la conception de la machine permet une large gamme d'adaptations aux situations difficiles ces dernières sont liées à l'état de la culture sur le terrain. **KACI (2007)**.

D'après l'étude de **WITE et HUBER (1990) in HUNT (1995)**, les pertes au niveau de la plate-forme de fauchages sont généralement les plus importantes et supérieures des celles à l'arrière de la machine.

### III.4.2 Les pertes au niveau des organes de battage

Les pertes par battage consistent en épis battus seulement en partie que l'on trouve dans la masse de paille ou sur sol. Elles sont dues aux plusieurs facteurs :

- Culture insuffisamment mure.
- Écartement trop élevé du batteur contre batteur.
- Vitesse du batteur insuffisante.
- Vitesse de déplacement de la moissonneuse batteuse trop élevée.
- Caractéristiques dimensionnelles du système de battage.

Selon **REED et al. (2004)**, les organes de battage doivent être bien réglés de telle manière à assurer un battage complet sans endommager les grains, sans détruire leur faculté germinative et sans surcharger la machine. Pour une même culture, ils se font en fonction de l'humidité de la récolte :

- Lorsque le produit à battre est humide, il faut augmenter la vitesse du batteur et/ou rapprocher le contre-batteur.
- Lorsque le produit à battre est sec, il faut réduire la vitesse du batteur et/ou écarter le contre batteur.

#### III.4.2.1 Écartement Batteur contre- batteur

L'écartement batteur contre batteur est conditionné par la nature de la céréale récolté. la facilité d'égrenage de celle-ci et son degré d'humidité .plus l'égrenage est difficile, plus le batteur et le contre batteur doivent être rapprochés d'un de l'autre sans toutefois entrainer des endommagements des grains.

Selon **ARNOLD (1964)**, la séparation augmente de **50 à 60 %** pour une simple diminution de l'ouverture de **1,58 cm à 0,63 cm**.

#### III.4.2.2 Vitesse de rotation du batteur

Pour les céréales, il est préférable de régler la vitesse du batteur à une allure moyenne et de resserrer ensuite progressivement l'écartement du batteur contre-batteur .si le battage est insuffisant, ce n'est qu'alors qu'on augmentera la vitesse du batteur.

Selon **PAMI (2010)**, les réglages sur le système de battage peuvent quelque fois changer d'une variété à l'autre en fonction des caractéristiques des grains et des épis : en blé les variétés à gros grains se battent, en générale mieux que celles à petit grains. il est préférable de commencer par l'adaptation de l'écartement batteur contre-batteur à l'espèce et ensuite on accélère la vitesse du batteur si le battage se révèle insuffisant.

D’après LAJOUX (1995) : Blé, orge et pois deviennent extrêmement fragiles à des humidités inférieures à 14 %. Il est alors nécessaire de rajuster plusieurs fois par jour les réglages de vitesse du batteur et d’écartement contre-batteur : les résultats de casse présentés ci-dessous ont été obtenus sur un blé tendre dont l’humidité est passée, en cours de journée, de 16 à 12 %.

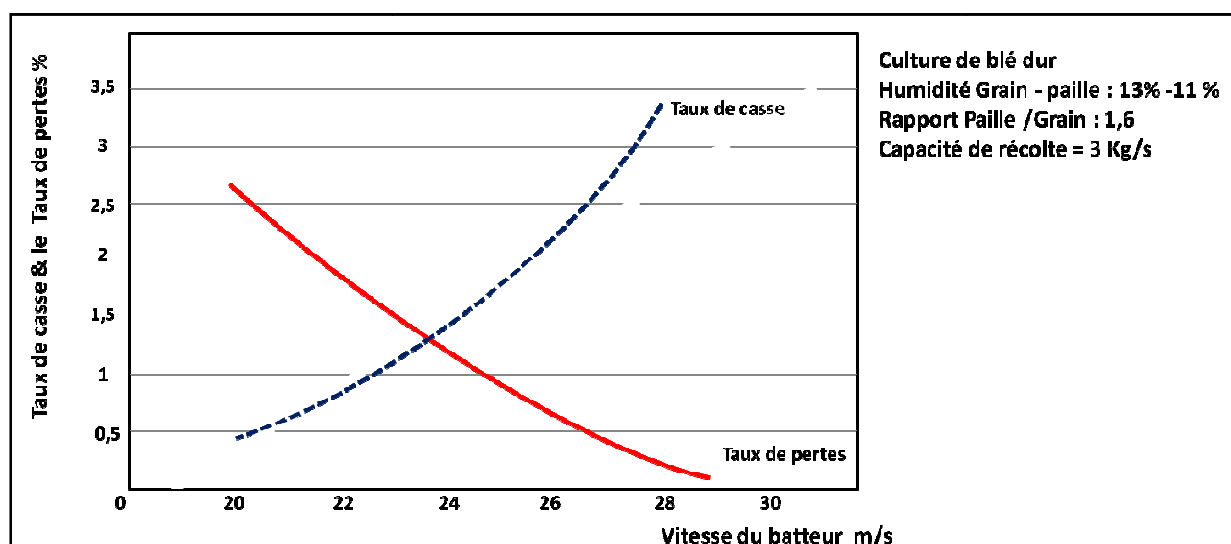
**Tableau 7** : Influence de l’humidité et la vitesse de rotation du batteur sur le taux de casse (cas blé tendre).

diamètre 600mm	Humidité	15 - 16 %	12 -13 %
Vitesse de rotation du batteur	800 tr/m	2,5 %	4,5%
Avec un Écartement	950 tr /m	3,5%	5,5%
Batteur-contre batteur serré			
Taux de casse		5%	7 ,5%

(Source : LAJOUX, 1995)

KOLGANO (1956) in DJERBIB (1988) et FRENZEL (1967), ont respectivement proposé des valeurs de vitesse de 722 et 1443 tr/mn (17 à 34 m/s) et 900 à 1200 tr/mn (21 à 28 m/s).

VAS F.M et HARRISON (1969) , ont montré qu’à des vitesses élevées du batteur les grains sont confrontés à des forces impulsives importantes, ces auteurs ont donné qu’à 700 tr/mn .les pertes par battage (le grain ne passe pas par le contre batteur) sont de 10,79% alors qu’à 1100 tr/mn elles sont de 5,76%. (Figure 20)



**Figure 20** : Influence de la vitesse périphérique des battes sur les pertes et la casse causés par l’organe de battage (KANAFOSKI ,1980)

FEUILLOLEY (1980), a montré que la vitesse périphérique du batteur à une grande influence sur la séparation et le taux de casse pour le blé. Contrairement à ce qu'il remarqué pour l'orge (grain bien protégé).

TAHRI (1985), dans son étude de l'influence du batteur sur les pertes en grains et la qualité de travail à bien obtenu la meilleure qualité de battage avec un minimum de pertes qui correspond à une vitesse de rotation de **1045 tr/mn (24,6 m/s)** dans le cas du blé dur.

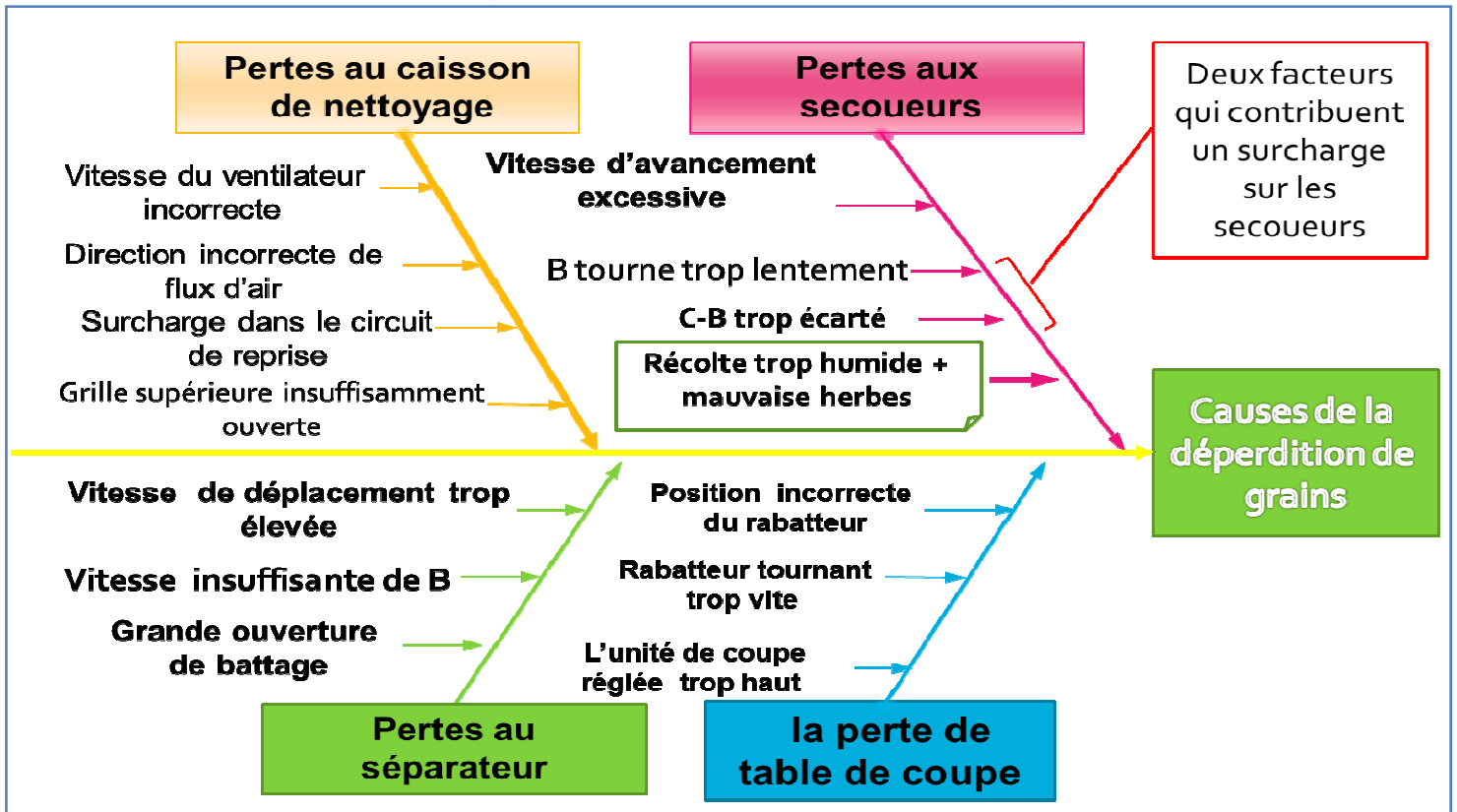


Figure 21: Causes des déperditions de grains sur une moissonneuse batteuse conventionnelle.

### III.4.2.3 Dimension du système de battage

Les dimensions des organes de battage ont une influence importante sur la qualité de séparation grains –paille, car l'augmentation de la capacité de la moissonneuse-batteuse dépend des dimensions de leurs organes travaillants.

### a) Longueur du contre batteur

La plage de séparation du grain de l'épi est améliorée par l'utilisation de long contre batteur. Selon **ARNOLD (1964)** : l'augmentation de la longueur du contre- batteur entraîne une augmentation de la surface de séparation et donc la proportion de grains qui passe à travers le contre-batteur augmente suivant la relation suivante :

$$L - \frac{n}{N} = e^{-KL}$$

**L** : Longueur du contre batteur.  
**N** : Nombre de grains libre sur toute la longueur.  
**n** : Nombre de grains libre sur une longueur L.  
**K** : Coefficient lié aux caractéristiques de la récolte.

Pour l'augmentation de l'unité de longueur du contre-batteur, la proportion de grains séparées est égale à  $L - e^{-KL}$ , donc théoriquement il est impossible de réaliser une séparation complète grain-paille.

Selon le même auteur, le cas du blé l'augmentation de la longueur du contre-batteur de **17 cm à 68 cm** provoque l'augmentation de la proportion de grains séparés à partir de **52 à 91%**.

Un travail mené par **KANAFOJSKI (1980)**, lui a permis de conclure que la longueur du contre- batteur a un effet sur les performances de la machine .mais l'augmentation de la longueur du batteur au-delà une certaine limite peut avoir un risque sur l'enroulement de la paille autour du batteur. Sur tout en conditions humide.

Selon **FEUILLOLY (1980)**, les batteurs trop longs augmentent le taux de casse.

### b) Diamètre du batteur

Les mêmes auteurs ont montré que pour les batteurs de faible diamètre (**250 à 600 mm**), la vitesse de la paille dans l'ouverture du battage est plus faible par rapport à ceux de diamètre plus élevés (**800 à 1200mm**). Ceci peut être expliqué par le fait qu'un batteur de faible diamètre présente une faible inertie.

#### III.4.2.54 Présentation de la récolte

**ZAK(1960)** et **FISCHER (1937)**, in **DJERBIB (1988)**, notent l'importance de la méthode de présentation de la récolte au batteur pour l'efficacité de battage.

Dans une machine de battage conventionnelle deux mode d'alimentation sont possible :

- Lorsque la récolte se présente par le pied, les brins de pailles sont les premiers à être coincés entre battes et contre-lattes, lorsque l'épi arrive au niveau de la première contre-batte, l'ensemble tige-épi est à la même vitesse que celle des battes du batteur. En conséquence le battage s'effectue en grande partie par effet de froissement ; l'effet de choc est réduit, et il reste un assez grand nombre d'ôtos.
- Lorsque la récolte se présente par l'épi : l'ensemble tige-épi subit à son entrée au batteur une très forte vitesse (30km/h au convoyeur à 100 km/h au battage). L'épi subit un choc très important de la patte de batte. Alors le reste de la récolte est encore retenu par les chaînes ou les tambours du convoyeur.

L'effort pour extraire le grain des glumes et glumelles est inférieur à l'effort pour briser la tige au niveau du rachis. Ce qui donne une extraction totale du grain de l'épi.

Le tableau suivant nous donne le taux de séparation en fonction du mode d'alimentation.

**Tableau 8 :** Effet du mode d'alimentation sur le taux de séparation.

Direction d'alimentation	Séparation(%)
Tiges en premier	80,80
Épis en premier	92,30

(Source: ARNOLD, 1964)

La proportion des grains séparés transportés avec la paille est approximativement 2,5 fois supérieure avec la présentation de la paille en premier qu'avec une présentation par les épis en premier.

#### III.4.2.5 Vitesse d'avancement de la machine

La vitesse d'avancement de la moissonneuse- batteuse a un effet important sur la quantité de récolte absorbée par la machine sur l'unité de temps. Ainsi pour largeur de coupe fixe un rendement de culture donné.

La capacité de récolte d'une moissonneuse dépend seulement de la vitesse d'avancement, selon la relation suivante proposée par KANAFOJSKI et KAROWSKI (1972).

$$Q = L * Va * R * (\gamma + 1)$$

**Q** : Capacité de récolte de la moissonneuse- batteuse (kg/s)  
**L** : Largeur de travail réelle de la moissonneuse-batteuse (m)  
**Va** : Vitesse d'avancement de la machine (m/s)  
**R** : Rendement moyen de la culture (kg/m<sup>2</sup>)  
**γ** : Rapport massique paille/grain

**TAHRI (1985)**, propose une vitesse d'avancement de la moissonneuse-batteuse dans le cas du blé dur de **3,02 Km/h**, ce qui correspond à une capacité de **1,33 Kg/s** et des pertes inférieure à **1,5 %**.

Plusieurs travaux de recherche ont été réalisés par plusieurs chercheurs pour l'optimisation de la récolte des céréales. Par la formulation de modèle mathématique qui mis en évidence l'interaction de travail des organes de la machine. Les formules utilisées par **HUISMAN (1983)** sont très simple, dont la plupart sont empiriques, les relations générales concernant la masse et l'énergie du flux.

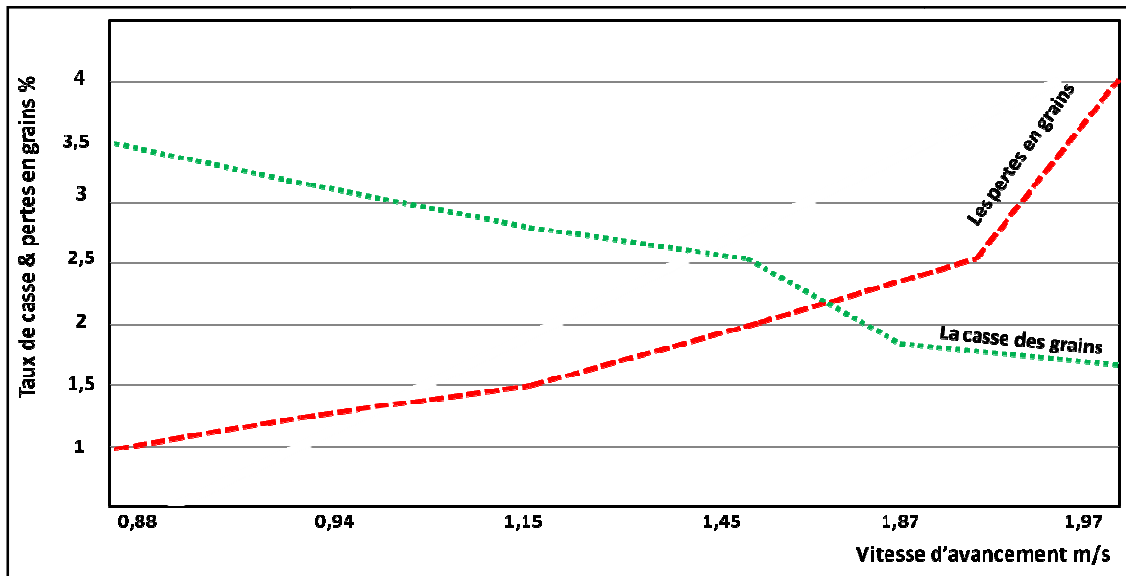
La quantité de récolte qui passe par la barre de coupe est exprimée par la relation suivante :

$$Fs = da * Vm * L$$

**$F_s$**  : Capacité de récolte (**Kg/s**)  
 **$da$**  : Densité apparente de la récolte (**kg/m<sup>2</sup>**)  
 **$V_m$**  : Vitesse d'avancement de la machine (**m/s**)  
 **$L$**  : Largeur de coupe (**m**)

Dans cette relation, il est supposé que toute la récolte est coupée rien s'échappe à la barre de coupe, le calcul de la densité de paille absorbé est déterminée par des capteurs qui indiquent le moment de torsion de la vis d'amené, ce signale est en relation directe avec le flux de la masse de récolte qui passe par les doigts escamotables au centre de la vis.

Donc la vitesse de la machine et la largeur de la barre de coupe sont utilisées dans le calcul de la densité apparente de la récolte.



**Figure 22** : Influence de la vitesse d'avancement sur le taux de casse et les pertes en grains  
(AMOUR et YAHIAOUI, 1997)



### III.4.3 Les pertes au niveau des secoueurs

Les pertes lors du secouage consistent en grains détachés se trouvant dans la masse de paille et qui tombent sur le sol parce que les secoueurs ne les ont pas récupérés.

Ces pertes interviennent lorsque les organes de secouages sont surchargés du fait d'une vitesse d'avancement excessive de la machine et lorsque le contre-batteur et les secoueurs sont partiellement colmatés.

Ces organes s'obstruent surtout quand la machine bat une récolte humide mélangée des plantes adventices.

En générale, les pertes aux secoueurs causées par batteur qui tourne trop lentement et un contre batteur trop écarté .deux facteurs qui contribuent à la surcharge des secoueurs.

**BOYCE (1974)**, a mis en évidence l'importance de briser la vitesse de la paille sortant du batteur avec des déflecteurs.il a remarqué que sans déflecteur la séparation commence à l'arrière des secoueurs là où la vitesse devient faible.

En revanche **REED et al. (1970)** a obtenu une faible séparation avec des déflecteurs. En concluant que l'efficacité de séparation au niveau des secoueurs dépend surtout du débit d'alimentation (capacité de récolte) et l'état de la récolte.

Les chercheurs **BAADER (1969)**, **SONNEN (1970)** cité par **HUISMAN (1983)**, concluent que l'efficacité de séparation au niveau des secoueurs est étroitement liée à la fréquence et l'amplitude du mouvement des secoueurs.

**A.J HAMILTON et al, (1979)** in **AMOUR** et **YAHYAOUI (1996)**, ont montré que dans une moissonneuse batteuse à secouage conventionnelle, les secoueurs doivent séparer la proportion considérable jusqu'au **25%** des grains qui passe des organes de battage avec la paille.

### III.4.4 Les pertes au niveau des organes de nettoyage

Les pertes lors du nettoyage, proviennent des grains qui tombent sur le sol après avoir traversé le caisson de nettoyage.

Il s'agit des grains présentés dans l'andain à l'arrière de la moissonneuse-batteuse, à cause d'une vitesse d'avancement excessive entraînant un encombrement du circuit de nettoyage mal adapté à la taille des grains ,encrassés par l'afflux de débris végétaux mal triés ou trop humides.(**ANONYME ,1992**)

HUISMAN (1983), note qu'une vitesse de battage élevée influe négativement sur le travail des grilles de nettoyage et positivement sur les pertes au niveau des secoueurs du faite qu'il y'aurait la séparation d'une grande proportion de menue paille à travers le contre-batteur .le même auteur observe que l'humidité de paille, le type de paille et le débit d'alimentation ont un effet sur les pertes au niveau des grilles de nettoyage.

Les réglages des grilles et du débit d'air sont généralement très importants parce que la qualité de travail dépend étroitement de ces paramètres

Enfin le graphe de la figure suivante illustre les niveaux des principales sources de pertes de la moissonneuses batteuses en fonction des débits de récolte.

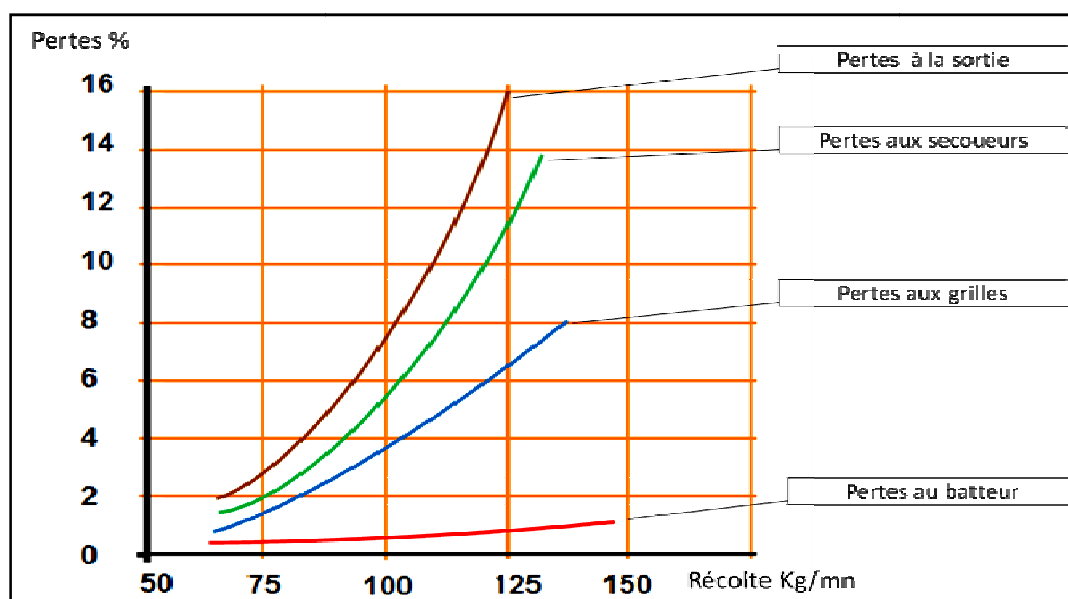


Figure 23 : Pertes en grains de blé lors d'un grand débit de récolte (GOSS et al. (1993). in HUNT, 1995)

### III .5 Influence des paramètres de la récolte sur les pertes

#### III .5.1 Degré de maturité de la récolte (force de liaison Grain/épi)

Le choix du moment de la récolte généralement est très important pour le chef de chantier de récolte et pour le conducteur de la moissonneuse batteuse. La force de détachement du grain de l'épi diminue avec le degré de maturité de la récolte.

FINZENLLER et ROENIGER (1955), cités par DJERBIB (1988), ces auteurs ont trouvé que 0,353 N est suffisante pour séparer environ la majorité des grains .ce qui correspond à une accélération de l'ordre de 9000 m/s<sup>2</sup>.

**HAMDY et al. (1968)**, cité par le même auteur conclue que pour séparer **98%** des grains de blé.il faut dans tous les cas appliquer une force de **0,883 N** ce qui correspond à une accélération du batteur supérieur à **23000 m/s<sup>2</sup>**.

**OUMBICHE (1989)**, a essayer de déterminer la force nécessaire au détachement des grains de l'épi en fonction de l'humidité de la récolte.il a déduit que le grain s'adhère fortement à l'épi chez le blé tendre (**F=0,424 N**),l'égerment chez le blé dur (**F=0,178N**) et faiblement chez l'orge (**F=0,065 N**),pour une humidité respectivement **15,81%**, **15,18%** et **14,12%**.cet auteur conclue que cette force de liaison grain-épi augmente avec l'humidité .

En revanche la plus part des constructeurs des moissonneuses batteuses conseillent de ne pas chercher à obtenir une séparation de **100 %**, qui peut être obtenu par une vitesse du batteur trop élevée.

### **III.5.2 Rapport massique paille/grain**

L'efficacité de battage paille-grain est étroitement liée à la couche de paille qui passe par les organes de battage, ainsi que la quantité de grains battus et séparés tout d'abord de la paille ensuite des blés, ôtons, menues - pailles, l'épaisseur de cette couche est liée à la capacité de la machine vu que la surface de battage, séparation et nettoyage sera limitée, la séparation devient difficile avec l'augmentation de la couche de paille .ce qui entraine par conséquent les pertes en grains pour assurer une utilisation optimale de la capacité disponible de la machine .donc il faut choisir une vitesse convenable au rendement ainsi une hauteur et largeur de coupe adéquate.

**KLINNER (1979)** , reporte les résultats de ses essais durant huit années en concluant que **82%** de la récolte est de la paille .en faisant une coupe très basse, ce niveau de rendement en paille peut être responsable de **2%** des pertes.

**KASPERS (1966) in BOULDJEDRI (1998)**, à étudier l'influence du rapport massique paille/grain sur le taux de perte en grain .en concluant que le rendement en paille influe largement sur les pertes.

**NYBORG et al. (1969)**, confirment cette représentation, par la mise en évidence de l'accélération existante entre la capacité de récolte de la machine : le rapport paille /grain et les pertes de la moissonneuse batteuse, pour la culture de blé. En outre d'autre essais de **NYBORG (1964)** viennent approuver que le rapport paille/grain soit le facteur le plus important qui affecte les pertes au niveau du système de battage et de nettoyage.

**WRUBLESKI et SMITH (1980)**, d'après les travaux qu'ils ont réalisés, sur des variétés d'orge et de blé .on ne conclue que la variété à une influence moindre sur la qualité de travail de la machine.

**KUMHÁLA et al. (2005)**, la cosse et de l'irrégularité de la Croix de paille et de sa distribution sur les moissonneuses-batteuses axiales et tangentielles dans une véritable opération au cours de trois saisons de récolte consécutive. Très probablement dépend de la quantité instantanée de matériel récolté.

### III.5.3 Humidité de la récolte

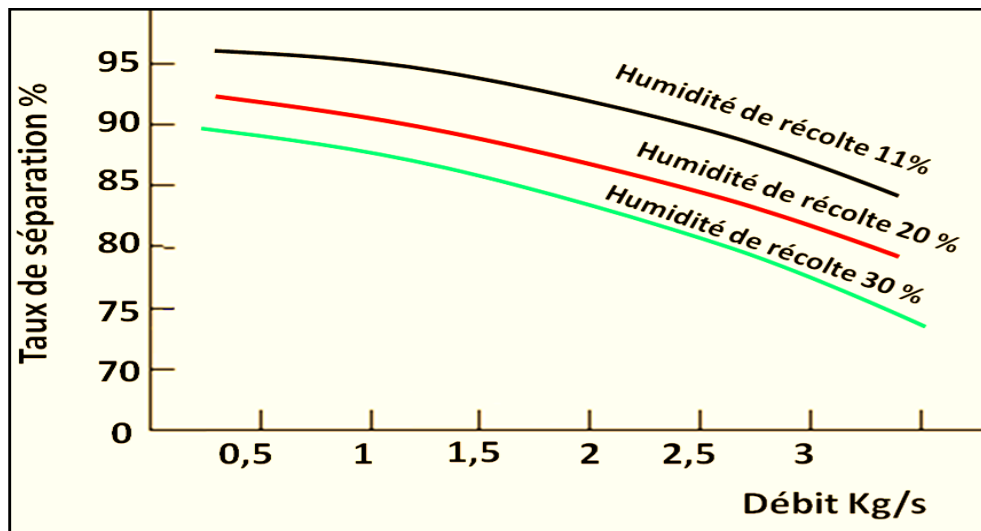
L'humidité du grain est un facteur essentiel pour déclencher la prise de décision de récolter une parcelle. Par ce que dans une récolte humide les valeurs du coefficient de frottement des grains et de la paille sont plus grandes que celles d'une récolte sèche .ce qui entraîne une vitesse d'écoulement de la récolte très faible. (**MURIEL et PIERRE, 1996**).on assiste alors à la formation d'une véritable couche qui s'impose à la séparation grain-paille.

**VAS .F.M et HARRISON (1969)**, ont essayé de mettre en évidence une vitesse optimale du batteur toute en respectant le niveau de perte totale admissible. Ils ont utilisé cinq niveaux d'humidité de **12 à 20 %**, respectivement pour les vitesses du batteur (**700, 900,1100 tr/mn**) et la capacité de la récolte de **0, 75 - 1,13 et 1 ,5 Kg/s**.

De cette étude de l'interaction des trois facteurs on en déduit que les effets de l'humidité et de la vitesse du batteur sont plus importants que ceux de la capacité de récolte.

**HUISMAN (1983)**, a essayé de mettre en évidence la variation la variation du taux de séparation en fonction du débit d'alimentation de la machine pour de niveaux d'humidité respectivement (**11,20 et 30%**) on remarque d'après les résultats enregistrés par la figure, **27que** le taux de séparation diminue avec l'augmentation du débit et de l'humidité surtout pour le battage tangentiel.

En revanche **HARPER (1991)**, à trouver qu'il n'y a pas une relation directe entre les pertes et l'humidité du grain. Mais le taux d'humidité ne dépasse pas les **13%**.



**Figure 24** : Variation du taux de séparation au niveau du batteur en fonction du débit d'alimentation avec trois niveaux d'humidité (HUISMAN, 1983)

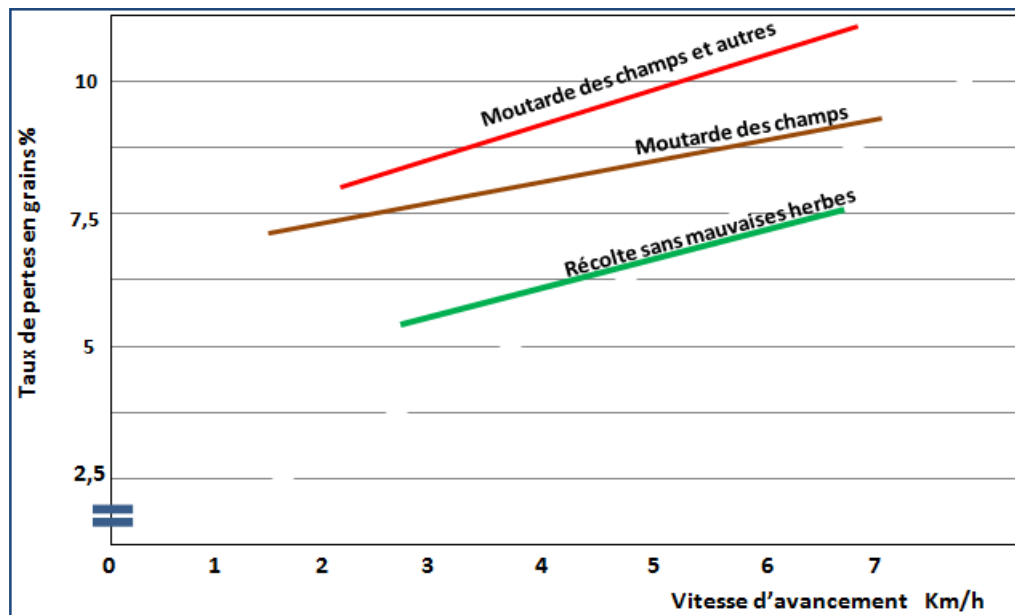
### III.5.4 Taux de vert

Dans la plus part des récoltes, presque toute la matière autre que le grain est représentée par la paille .mais dans les récoltes ou il y'a une grande infestation par la mauvaise herbe .cette dernière peut compter une proportion significative du rendement en matière autre que le grain.

**SHEPPARD et al. (1985)**, n'observent que le rendement en matière autre que le grain peut arriver à **8,4 t/ha**, d'un champ infesté par **AGROPYRON REPENS**.

**ELLIOT (1984)**, observe que le rendement en matière autre que le grain est de **9,7 t/ha** de la paille ,donc **30,10 t/ha** du verts dans un champ à fort infestations, ce niveau d'infestation peut avoir un grand effet sur la qualité de travail de la moissonneuse- batteuse en gênant le travail correcte des organes de battage de séparation et de nettoyage et entraine ainsi un fort pourcentage de pertes .

D'autre part une recherche réalisée par **W.R. Nave et L.M. Wax (1994)** sur la relation entre la vitesse d'avancement de la machine et la quantité des verts sur la récolte, ils ont observés que le taux de pertes peut se diminué avec une faible vitesse d'avancement. (**Figure 24**)



**Figure 25 :** L'influence des mauvaises herbes sur le taux de pertes de la moissonneuse batteuse (W.R. Nave et L.M. Wax ,1994)

### III.6 Différentes méthodes de détermination les pertes à l'arrière de la moissonneuse-batteuse

Depuis que le problème des pertes en grain pendant le la récolte mécanisée des céréales à prie de l'importance .vu la part non négligeable du rendement de la récolte qui peut être laissé sur champs.

Une fois que le responsable de chantier de récolte est satisfait du fonctionnement de la moissonneuse - batteuse, les méthodes décrites ci – après peuvent être utilisées. Ces méthodes sont évidemment employées pour régler la machine.

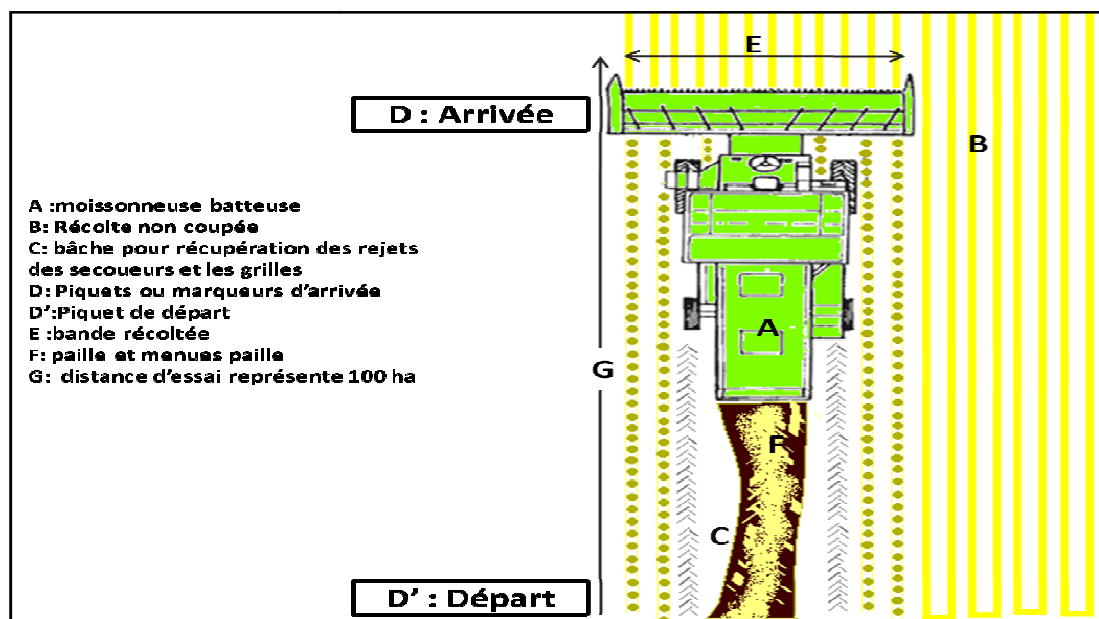
#### III.6.1 Méthode par bêche

C'est méthode la plus utiliser mais elle ne peut être utilisée que si une unité de battage additionnelle est disponible. Cette dernière permet de rebattre les chutes récupérées à l'arrière de la machine testée (au niveau des secoueurs et des grilles) et de recueillir tous les grains encore retenus avec la paille et dans les épis et les ôtons. Les grains ainsi recueillis seront pesés et serviront à déterminer les pourcentages de pertes en grains relatives aux différentes composantes de ta machine.

Plusieurs machines rejettent les balles et la paille à l'arrière en deux différents flux. Dans le cas où la conception de la machine à tester n'offre pas cette possibilité, un déflecteur peut être installé avec pour objectif de réaliser cette séparation. Un tel dispositif est nécessaire pour les méthodes d'évaluation explicitées dans cette section.

Lors de la détermination des pertes en grains, deux bâches d'une dimension approximative de **1,3m x 30m** seront placées à l'arrière de la machine. Une bâche sera utilisée pour récupérer les chutes des secoueurs et l'autre les rejets du caisson de nettoyage. Pour mieux étaler les bâches, des barres en bois seront fixées à leurs extrémités frontale et arrière. Un parcours représentant une superficie récoltée de **50 m** est en général suffisant pour une telle mesure. La longueur approximative correspondant à cette superficie sera marquée au préalable.

L'évaluation des pertes en grains ne débutera qu'après une mise en action de la machine permettant à ses mécanismes de fonctionner d'une manière stabilisée. Les bûches ne doivent pas être placées juste après une période d'arrêt pendant laquelle vraisemblablement le mécanisme de battage n'aura pas atteint sa pleine capacité. Une distance d'environ **50 mètres** est requise pour obtenir une charge satisfaisante



**Figure 26 :** Méthode de ramassage continu pour la détermination des pertes en grains d'une moissonneuse batteuse. (HEBBLETHWAITE, (1955) *in* INNS ,1995)

Après le passage de la moissonneuse-batteuse, différentes variables seront mesurées, à savoir, la longueur correspondant au parcours d'essai (distance moissonnée), la largeur de la parcelle d'essai (largeur totale de coupe), le temps de parcours (durée de l'essai) et le poids de

la paille et des balles recueillies. Signalons que dans certaines situations, il est plus convenable de mesurer la vitesse d'avancement de la machine dans une zone à part du champ.

Pour la subdivision des différentes pertes en grains, un battage additionnel sera réalisé grâce à une batteuse conçue à cet effet. On procédera de la façon suivante :

**Échantillon de paille :** Il sera alimenté graduellement au niveau des secoueurs de l'unité de battage. On recueillera les grains libres extraits de la paille qui seront placés dans une enveloppe. Ceux-ci constitueront les pertes aux secoueurs. Ils seront retenus pour être ultérieurement nettoyés et pesés.

La paille sera ensuite alimentée à travers le système de battage. Les grains récupérés représenteront les pertes au battage (épis ou fragments d'épis non battus). Ils seront aussi retenus pour pesage.

**Échantillon de balles :** Il sera alimenté au niveau des secoueurs de l'unité de battage. Les grains recueillies constitueront les pertes aux secoueurs. Les épis et fragments d'épis récupérés à l'arrière de la batteuse seront insérés dans le circuit de battage. Les grains résultants de cette opération seront rajoutés dans l'enveloppe des pertes au battage .la répétition de cette procédure d'échantillonnage est recommandée. Cependant, le nombre exact de répétitions dépendra largement des conditions de l'essai et de la disponibilité en temps.

### III.6.2 Méthode par caisson

Selon **INNS (1995)**, Cette méthode sera employée uniquement en cas d'impossibilité d'utilisation de celle consistant en un ramassage continu. En effet, bien qu'exigeante en matière d'équipements, cette dernière méthode est plus fiable.

Cette méthode c'est la plus ancienne, consiste en l'emplacement de caissons à l'extrémité des secoueurs et des organes de nettoyage .dans les quels tombent les grains séparés de la paille, mais il s'est révélé que la quantité récupérée était très faible pour être assimiler aux pertes réelles dans les conditions de travail de la moissonneuse-batteuse.

D'après **HUITINK (2008)**, le nombre de répétitions doit être important ; l'objectif étant d'au moins 10 répétitions dans une récolte normale. Le choix des parcelles d'essai doit être représentatif des conditions globales prévalantes dans tout le champ. Notons que dans une zone à récolte versée, les pertes doivent être évaluées séparément.



### III.6.3 Méthode par voie électronique

Le rendement n grain d'une culture est une variable aléatoire prenante différente valeur en différents points du champ. Ce qui donne une variation aléatoire de la masse de grain passant dans la machine surtout si le conducteur essaye de maintenir la vitesse constante. On assiste à des pertes à chaque fois que la quantité de grain dépasse la valeur optimale.

C'est pourquoi il y'a élaboration d'appareils électronique de détection des pertes pour garder les pertes inférieur aux pertes admissible en avertissant le conducteur de diminuer la vitesse d'avancement ,ces appareils équipent les moissonneuses batteuses actuelles.

#### IV.6.3.1 Principe de base des détecteurs de pertes

Selon **ETSOURI (1985)**, la méthode photoélectrique est rejetée à cause de la grande section efficace de la paille.

Les chercheur **FEIFFER (1967) et REED (1968)** ont proposé l'idée de construction des appareils basée sur l'effet acoustique par la suite, **REED et GRVUM (1969)**, confirment l'importance d'utilisation des appareils à effet acoustique pour la détection des pertes en grain. Du fait que le son produit par les grains était bien différente de celui de la paille ou des options ce phénomène acoustique constitue la base de la réalisation des appareils de détection des pertes en grains.

#### III.6.3.2 Principe de fonctionnement des détecteurs de pertes

Ce sont des plaques placées à la sortie des grilles de nettoyage de la machine ; l'équipement comprend une console d'affichage à aiguille ou à diodes lumineuses placé devant le conducteur et des plaques qui sont de véritables microphones piézoélectriques montés sur des supports dont les surfaces sensibles sont plates ou tubulaires. Ces capteurs fonctionnent selon le principe du cristal piézo-électrique, donc plus les pertes en grains sont élevées plus le nombre de chocs sur les surfaces sensibles est élevé et plus le signal électrique de détection est grand .alors les détecteurs de perte de grains ne permettent pas de quantifier les grains perdus. Mais ils donnent au conducteur une information significative sur la fiabilité de telle modification de réglage (vitesse de rotation du batteur, écartement, ventilation, réglages des grilles).

### III.6.3.3 Différents type de détecteurs de pertes

**ETSOURI (1985)**, a cité plusieurs marques de détecteurs électroniques de pertes en grains « **SMITH-ROLES, AEG, PKP, AGRITHERM, COMINOTA, RDS** ».

Nous retiendrons le détecteurs **RDS**, ou la plaque sensible est placée sur toute la largeur des secoueurs à la sortie de la hotte, cette plaque porte un ou deux capteurs placées à différentes positions ; l'information est transmise sur un écran gradué divisé en trois zones (blanche, verte et rouge) placé devant le conducteur .pour avoir un meilleur rendement il est préférable de travailler de façon à avoir l'aiguille dans la zone médiane (verte) .elle est étalonnée pour une perte de grain inférieur à **2%**.(**ETSOURI ,1985**)

Actuellement existe plusieurs marques telles que, **LH agro, WINTERSTEIGER, TEEJET...etc.**, avec un mode de fonctionnement totalement différents aux précédents détecteurs.

### III.7 Conclusion

Les causes de pertes en grains à l'arrière de la moissonneuse-batteuse sont nombreuses .il y'à celle qui sont liées à la machine et ceux qui dépendent des caractéristique agro - techniques de la récolte, l'interaction entre les différents paramètres rend la maîtrise du problème de pertes très difficile.

L'objectif de l'évaluation des pertes en grains lors de la récolte mécanisée des céréales est de situer leur niveau par rapport aux valeurs communément admises par les constructeurs et les professionnels et juger l'exactitude des réglages opérés sur la machine. Le classement des pertes selon leurs causes oriente l'opérateur vers les éventuels réglages à améliorer.

Selon **BOUZRARI (2010)**, avant de procéder à l'essai d'évaluation des pertes à la récolte, il faut relever divers paramètres:

- Ceux relatifs à la parcelle: situation géographique, nature et topographie du sol ainsi que la présence ou non de cailloux ou autres obstacles.
- Ceux relatifs à la culture: L'itinéraire technique adopté pour la conduite de la culture a une grande influence sur la récolte mécanisée. Cette dernière est d'autant plus réussie que les opérations qui l'ont précédée sont bien mécanisées. Le degré de maturité de la plante, la verse (orientation des tiges versées), le rendement en grains, le rapport grains/paille et le degré et le type d'infestation par les mauvaises herbes sont autant de paramètre influençant les pertes en grains.

## CONCLUSION DE LA PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

A la lumière de cette étude bibliographique portant sur la thématique des systèmes de battage et de séparation des moissonneuses batteuses conventionnelles et modernes, avec le problème de pertes en grains lors de la récolte des céréales, les tendances actuelles dans la construction des moissonneuses batteuses. Nous comprenons combien la récolte mécanisée des céréales est difficile, est liée aux paramètres de construction de la moissonneuse batteuse et aux conditions de récolte.

Cette synthèse bibliographique nous a illustré que le problème de perte est loin d'être négligeable. C'est pour quoi un grand nombre d'auteurs s'y sont déjà intéressé depuis longtemps, tous les travaux confirment la difficulté de la maîtrise du problème de pertes en grain pendant la récolte mécanique des céréales, cette complexité réside dans le fait que beaucoup de facteurs de paramètres entrent en jeu simultanément. Si bien que l'étude dissociée de chacun des facteurs aboutie à des résultats souvent erronés et peu fiable.

Selon LAJOUX *et al* (1999), tous les résultats des recherches menés sur le sujet, restent spécifiques aux conditions dans lesquelles ils sont réalisés, au type de machine et aux réglages apportés.

Selon VLADUT (2007) les moissonneuses batteuses devraient être conçues de telle sorte qu'ils devraient effectuer le processus de moisson-battage à un niveau de qualité élevé. Pour ce faire, les moissonneuses-batteuses de récolte doivent se conformer à une série d'exigences:

- Assurer une découpe à **20 ÷ 260 mm** de hauteur.
- La largeur de la coupe et de la paille battue et fauchée ne doit pas dépasser **1200 mm**.
- Les pertes de grains libres sur le sol, après avoir été ébranlée pendant la coupe, ne devrait pas être plus que **0.2g/m<sup>2</sup>**.
- La quantité de céréales dans les épis libres sur le sol ne doit pas dépasser **1g/m<sup>2</sup>**.
- Les pertes de grains qui sont restés non battus ne doivent pas être plus **1,5%** de la production.
- Les pertes de grain qui est resté dans la paille ne doit pas dépasser **0,5%**.
- La pureté des grains recueillis devraient être plus de **98%**.
- Les pertes de céréales au total pendant le processus de récolte (au taux d'humidité optimal pour les céréales **14 ÷ 18%** et pour la paille **12 ÷ 20%**) ne doit pas dépasser **2,5%** de la production totale.

- Le pourcentage de grains brisés doit être inférieur à **2%**.
- Les pertes de paille ne doit pas dépasser **5%**.

Les machines devraient être possibles d'ajuster en fonction des caractéristiques des plantes récoltées (densité, hauteur des tiges, humidité,... etc.), de sorte que l'opération de récolte doit être effectuée de façon satisfaisante. Afin d'éviter de détruire la structure du sol, la pression spécifique de roues sur le sol ne doit pas dépasser **0,2 M Pa (2 daN / m<sup>2</sup>)**, doit avoir une maniabilité aisée et un petit rayon de braquage, doit veiller les conditions de travail optimales pour les prochaine machines à partir des cultures suivantes.

# **DEUXIEME PARTIE**

# **ETUDE EXPERIMENTALE**

## **INTRODUCTION DE LA PARTIE EXPERIMENTALE**

Les essais d'équipements ont en général deux objectifs: aider au développement du secteur industriel à travers la construction d'équipements, et à celui du secteur agricole à travers une meilleure mécanisation. « Dans la pratique, les essais se sont surtout attachés au premier objectif (côté-offre), ce qui les a rendus très techniques sans qu'ils répondent vraiment à la demande des consommateurs ». (SMITH *et al.*1998)

Il faut mettre au point de nouveaux protocoles d'essais. Les agriculteurs veulent des informations sur les performances comparatives de l'ensemble des machines disponibles, performances mesurées au champ dans des conditions similaires à celles qu'ils trouvent chez eux, et décrites en des termes compréhensibles.

Les essais des moissonneuse batteuses seront exécutés dans le but d'évaluer leurs caractéristiques dans différentes cultures et conditions de récolte, celles-ci doivent être aussi bien que possible représentatives de la majorité des situations normalement rencontrées au sein de la région concernée par le test.

- Qualité de travail : le degré de nettoyage, bris des grains, perte en grains traitement de la paille.
- Capacité au champ.
- Comportement de la machine dans toutes les conditions d'essai.
- Confort et condition de travail de l'opérateur.

À cet effet nous avons mené une étude des performances de deux moissonneuses-batteuses, il s'agit d'une **SAMPO SR 2045** nouvellement utilisée en Algérie, et la moissonneuse batteuse **CLAAS PMA** fabriquée en Algérie depuis les années Quatre-vingts.

Autrement dit notre premier souci est de pouvoir mesurer les performances des deux machines avec des combinaisons de réglages de façon à obtenir un compromis entre le débit de la récolte des deux machines et les pertes .c'est à dire la meilleurs combinaison de réglage qui donnent un débit maximum et avec un niveau de pertes faible.

# **CHAPITRE 1 : MATERIEL ET METHODES EXPERIMENTALES**

## 1.1 Cadre général et conditions expérimentales

### 1.1.1 Introduction

La récolte du blé en Algérie commence en générale à la fin du mois du Mai, mais durant cette année **2011** et à cause d'une suite des grandes pluies durant ce mois (du **5** au **25 Mai**) la saison moisson-battage a été retardée sur la Mitidja et notamment sur notre station d'expérimentation **CNIAAG** au niveau de **Baba Ali**.

Notre expérimentation a été aussi retardée jusqu'au début juin. On a profité de ce retard avec les techniciens de **CCLS** pour préparer au maximum nos moissonneuses batteuses et pour éviter quelques pannes habituelles, surtout sur les moissonneuses batteuses de **CLAAS PMA** ; elles demandent énormément d'effort pour l'entretien et la réparation.

### 1.1.2 Lieu de l'expérimentation

L'essai expérimental, qui a fait l'objet de notre étude, a été mené au niveau de la station du centre national de l'insémination artificielle et de l'amélioration génétique **CNIAAG** qui se situe au niveau de la commune de Baba Ali dans la willaya d'Alger.

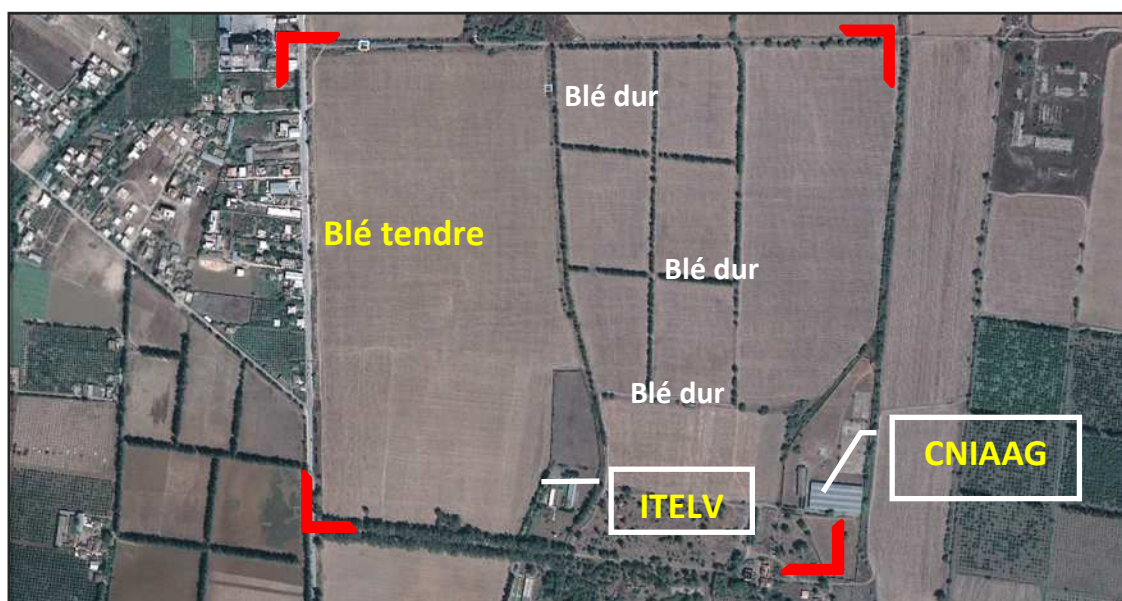
#### 1.1.2.1 Localisation et superficie

La ferme expérimentale de **CNIAAG** se situe à **12 Km** au sud d'Alger, juste à côté de la route national N°**08** de Baba Ali vers El Chebli sur le septième point kilométrique à partir de l'autoroute Est –Ouest. Avec les coordonnées géographiques suivantes : **3° 44'59,9''** Nord de latitude. **36° 44'50,6''** Est de longitude. (**Figure 27**)

Elle se trouve à **28m** au-dessus du niveau de la mer, elle appartient à l'étage bioclimatique subhumide à hiver doux (pluviométrie supérieur à **600mm** par an)

Cette station s'étale sur une superficie de **100 ha**, Les activités principales sont axées sur la céréaliculture et les cultures fourragères.





**Figure 27** : Image satellite du site expérimentale (source : Google Earth, 2011).

Sur toute la station on a presque un seul type du sol : argileux limoneux sableux.

### 1.1.2.2 Equipement de la station

La station dispose d'un équipement conçu spécialement à la production céréalière et fourragère, ce sont des engins agricoles neufs, permettre à l'équipe de travailleurs pour faire un bon travaille, donc le niveau de la mécanisation assez satisfaisant qui se compose :

- **02** tracteurs à chenilles de **95 cv**.
- **02** tracteurs à roues de **65 cv**.
- **01** semoir en ligne de **3 m** double trémie.
- Ramasseuse presse.
- Remorque + remorque porteuse (les tracteurs à chenilles).
- Charrue à trisocs, charrue à **3** disques (portée).
- Cover-crop (**8** disques), Chisel.
- Épandeur d'engrais centrifuge, pulvérisateur **1000L**. (une rampe de **6m**).

### 1.1.2.3 Itinéraire technique adopté

L'objectif de la station est surtout de récupérer le maximum de la paille pour l'alimentation de son cheptel Bovins, l'itinéraire technique suivi par la station c'est la méthode conventionnelle.

### 1.1.2.4 Historique de la parcelle d'essai

On a trois années de blé dur variété **Chen's** et une année variété **Vitrons**.

Les résultats des deux dernières années sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau 9** : Les productions en grains et en pailles des deux dernières années selon le type de moissonneuse batteuse utilisé.

Années	Paille (bottes)	Grain (q)	Les moissonneuses batteuses utilisées
2009	6000	2300	CLAAS PMA
2010	4000	800	CLAAS PMA et SAMPO SR 2045

(Source : CNIAAG, 2011).

Depuis longtemps la station de **CNIAAG** utilise les moissonneuse batteuse **CLAAS PMA** pour la récolte des céréales, pour la **SAMPO SR 2045** ça sera sa deuxième année.

### 1.1.3 Description de la parcelle d'essai

Les essais ont été réalisés sur deux parcelles :

- parcelle **1** : blé tendre(**Anza**) sur **24 ha**.
- Parcelle **2** : blé dur (**Chen's**) sur **62 ha**.

Ces parcelles sont relativement planes (pente très faible **1%**)



**Figure 28** : La première parcelle (Blé tendre)



**Figure 29** : La deuxième parcelle (Blé dur)

#### 1.1.3.1 Les mauvaises herbes

Sur la première parcelle du blé tendre presque aucune mauvaise herbe n'est remarquée, mais la deuxième parcelle est très infestée en mauvaises herbes dont les principales espèces sont :

- Carotte sauvage. (*Daucus carotta L.*)
- L'orge des rats. (*Hordeum marinum*)
- Le chardon béni. (*Cnicus benedictus L.*)
- Moutarde des champs. (*Sinapis arvensis L.*)

#### 1.1.3.2 Les traitements utilisés sur les deux parcelles

1. Le premier traitement : herbicide chevalier à une double action.
2. Fongicides.

#### 1.1.3.3 Les engrais portés au sol

Les engrais de fond et de couverture

- **TSP (2q/ha)** [Triple sulfate de potassium]
- **N (4q/ha)** [Azote **26%**].

## 1.2 Matériels et méthodes

### 1.2.1 Matériels

Pour réaliser cette activité de recherche, nous nous sommes basés sur les rapports d'essais antérieurs réalisés par les constructeurs des moissonneuses batteuses et sur les thèses et mémoires qui s'intitulent les performances du matériel de récolte, afin d'étudier les différents modèles de moissonneuses batteuses, nous nous sommes basés sur les spécifications ou caractéristiques techniques offertes par les constructeurs (**CMA** et **SAMPO**) ou concessionnaires des moissonneuses batteuses (**PMAt**).

Nous avons également consulté des manuels d'utilisation et d'entretien offerts par le constructeur **CMA** de Sidi Bel Abbès.

Nous allons donner les différents matériels utilisés en précisant les caractéristiques techniques de chaque moissonneuse batteuse, ainsi que les méthodes de travail.

#### a) Matériel végétal

Les céréales utilisées pour les essais des deux machines sont : le blé tendre et le blé dur (selon **CCLS d'El-Affroun, 2011**).

**Tableau 10** : Les caractéristiques des semences utilisées.

	Blé dur	Blé tendre
<b>Variété</b>	<b>Chen's</b>	<b>Anza</b>
<b>Type</b>	Blé dur (semis d'hiver)	Blé tendre (semis d'hiver)
<b>Précocité</b>	précoce	variété semi-précoce à précoce
<b>Tallage</b>	court	court < <b>100 cm</b>
<b>Rendement</b>	Moyen	Elevé
<b>Poids de 1000 grain</b>	<b>53 à 57 g</b>	faible de <b>30 à 35 g</b>
<b>faculté germinative de la semence (FG)</b>	<b>95 %</b>	<b>95 %</b>
<b>Dose de semis</b>	<b>140 -150 Kg/ha</b>	<b>110 à 130 Kg/ha</b> , selon la date et l'état de sol

#### b) Matériel de récolte

Le matériel de récolte utilisé au niveau de la **CCLS (d'El - Affroun)** se compose de deux machines de récolte de marque différente : la **SAMPO SR 2045** (importée de Finlande) et **CLASS PMA** fabriquée en Algérie durant les années quatre-vingts.

Les autres caractéristiques qui sont fournies par le deux constructeurs représentées au tableau suivant :

**Tableau 11:** Caractéristiques techniques des deux moissonneuses batteuses.

	CLAAS PMA	SAMPO SR 2040
Caractéristiques générales		
Origine	Algérie	Algérie
Technologie	Allemande	Finlandaise
Date de la première mise en circulation	(CLAAS) Juin 1991	(SAMPO) Juin 2010
<b>PLATE-FORME DE FAUCHAGE</b>		
Largeur de travail (m)	4,20	4,20
Plage de hauteur de coupe (sol à la barre de coupe) (m)	0,8 – 0,80	-0,20, +1,20
Distance entre le couteau et la vis déchargeuse de la plate-forme (m)	450-550-650	
Inclinaison de la table de coupe	9°	
Rallonge de table (mm)	200	
Entrainement de barre de coupe	Boîte d'engrenage	
Vitesse de barre de coupe (tr/min)	1200	1084
<b>RABATTEUR</b>		
Diamètre du rabatteur (m)	1,05	
Nombre de barre de rabatteur	6	
Vitesse du rabatteur variable (tr/min)	10- 40	
Réglage de la vitesse du rabatteur	Hydraulique	
Réglage des dents du rabatteur	60° levier unique	
<b>VIS D'ALIMENTATION</b>		
Diamètre du tube (mm)	410	
Diamètre (mm)	610	
Hauteur des aubes de la vis (mm)	100	
Disposition des doigts escamotable (mm)	En spirale	
Diamètre des doigts escamotable (mm)	16	
Largeur total de la plate-forme (m)	4,45	4,35
Longueur total de la plate-forme (m)	2,10	1,90
Poids de la plate-forme (Kg)	1098	1200
Convoyeur d'alimentation	2 chaînes transporteuse	
Lattes	En T boulonnées	
<b>UNITE DE BATTAGE</b>		
<b>Batteur</b>		
Diamètre (m)	0,45	0,5
Largeur (m)	1,25	1,11
Nombre des battes striées	07	08
Vitesse (moteur au régime nominal) (tr/min)	650-1400	600 – 1300
Réglage de la vitesse du batteur	Hydraulique	
Type d'entraînement (hydromécanique)	Levier dans le poste de conduite	
<b>Contre batteur</b>		
Nombre de barre de contre batteur	10	12
Surface (m <sup>2</sup> )	0,48	0,51
Enroulement du contre batteur	112°	105°

Réglage	Levier dans le poste de conduite	
Nombre de plaque d'ébarbage	1	2
Réglage d'écartement (mm)	5 à 40	6 à 42
<b>EPIERREUR</b>		
Actionnement	1 levier	
<b>SECOUEURS</b>		
Nombre	04	04
Surface (m <sup>2</sup> )	4,75	4,60
Nombre d'étage	2	2
La vitesse (tr/min)	215 ± 5	200
<b>SYSTEME DE NETTOYAGE</b>		
Grille supérieur (m <sup>2</sup> )	1,80+0,45	1,74+0,33
Grille inférieur (m <sup>2</sup> )	1,45	1,33
<b>VENTILATEUR</b>		
Gamme de vitesse (tr/min) (régime nominale du moteur)	650-1000	600-850
Commande	Mécanique à distance	
<b>REBATTAGE (reprise d'ôtons)</b>		
Avec une vis élèveuse chargeuse	Retour au batteur	aux grilles supérieures
<b>POSTE D'ENSACHAGE</b>		
Type	A sacs	
Nombre de sacs	05	
Superficie du poste d'ensachage	1,35 x 2,50	1.30 x 2,30
<b>DIMENSIONS (sans l'unité de coupe)</b>		
Poids total (avec tablier de coupe) (Kg)	6340	6800
Longueur hors tout (m)	8.90	8.68
Largeur hors tout (sans tablier de coupe) (m)	2.92	2.88
Hauteur hors tout (m)	3.85	3.65
Garde au sol (mm)	360	435
Empattement (mm)	3200	3200
Largeur de l'essieu avant (mm)	2400	2400
Largeur de l'essieu arrière (mm)	1980	1870

(Source : CLAAS : 1990 et SAMPO, 2010)

D'après ces spécifications techniques des deux machines données par leurs constructeurs, nous remarquons qu'il n'y a pas une grande différence entre les deux moissonneuses-batteuses **SAMPO SR 2045** et **CLAAS PMA**. Avec les mêmes caractéristiques dimensionnelles, largeur de coupe, nombre de secoueurs, la surface de nettoyage .....Etc. donc les deux machines ont une même capacité de travail.





Figure 30: La moissonneuse batteuse CLAAS PMA.

Figure 31: La moissonneuse batteuse SAMPO SR 2045

La récolte et le battage des céréales sont deux opérations agricoles majeures qui requièrent beaucoup d'énergie. En plus d'être grandes consommatrices d'énergie et de puissance, donc le choix de type du moteur pour la moissonneuse batteuse est très important

Concernant les deux moteurs, qui sont montés sur les deux moissonneuses batteuses les principales caractéristiques sont présentées sur le tableau suivant :

Tableau 12 : Caractéristiques des deux moteurs des deux moissonneuses batteuses

BLOC D'ALIMENTATION		
Origine	Algérie (sous licence DEUTZ FAHR)	Finlandais et USA
La marque	Cirta - DEUTZ FAHR	AGCO - SISU Power
Type de moteur	F 6 L 912	SISU 44 CTA (3A)
Nombre de cylindres	06	04
Cylindrée (cm <sup>3</sup> )	5652	6549
Alésage /Course (mm)	100 /120	108/120
Régime nominal (tr/min)	2300	2200
Puissance (Kw/Cv)	74/100	88/120
Consommation spécifique (g/kWh)	167	145
Refroidissement	à air	à eau
Contenance de réservoir de carburant (L)	195	

(Source : CMT ,2008 et SISU, 2011)

On a deux types de moteur totalement différent par le nombre de cylindre **6** et **4**. Ainsi, que par leurs systèmes de refroidissement à air et à eau, aussi avec leurs systèmes d'injection de type **Common Rail**, et aussi certifier par **EU Stage 3 A / EPA Tier3** (certificat d'émission du carbone) avec les régulations électroniques de l'injection.

Les moteurs actuels utilisés en agriculture, sont à la fois plus puissants, plus économiques, moins lourds, moins polluants, avec une présence de plus en plus marquée de l'électronique.

**c) Autres matériels**

- Des jalons pour les distances.
- Chronomètres pour déterminer la vitesse réelle d'avancement de la machines sur une distance de **20m**.
- Une bâche en plastique de **2m** de largeur et de **20m** de longueur enroulée sur un axe qui peut tourner librement dans des palier fixé à l'arrière de la moissonneuse batteuse, afin de déterminer les pertes à l'arrière de la machine(pertes aux grilles et aux secoueurs).
- Sacs pour la récolte.
- Sacs pour prélèvement d'échantillons.
- Bascule pour la pesée.
- L'étuve **105°C**, pour déterminer l'humidité des grains et de la paille.
- Un cadre de (**1m x 1m**), pour le prélèvement des échantillons afin de déterminer les paramètres de culture.
- Compteur de grains, pour le calcul de **1000** grains.
- Une règle graduée pour mesurer la hauteur des pailles.
- une balance de précision pour peser les échantillons pris afin d'évaluer les pertes et les casses, et également pour déterminer le rendement et ses composantes ainsi que l'humidité.
- Un thermomètre et un hygromètre, pour la mesure de la température et l'humidité de la journée.



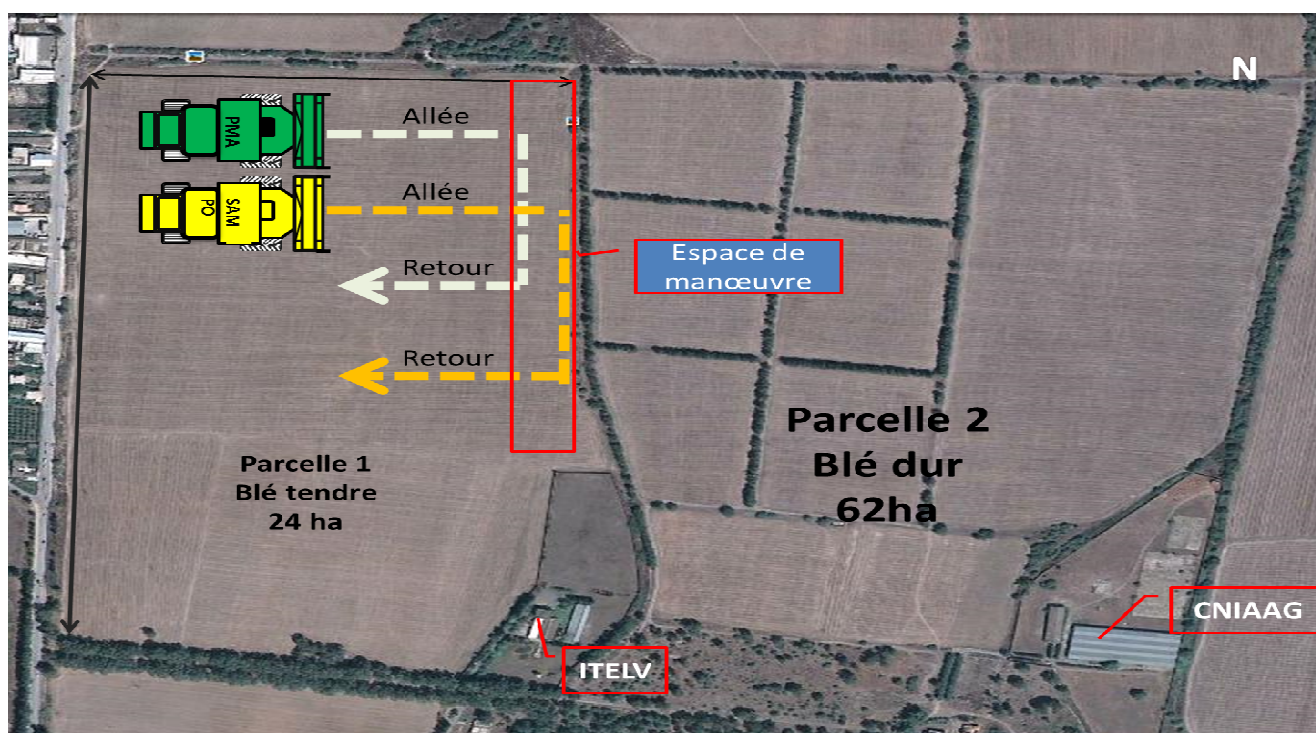
## 1.2.2 Méthodologie de l'expérimentation

### 1.2.2.1 Dispositions prises

Les différents prélèvements, observations et mesures ont été effectués sans perturber le déroulement normal du chantier de récolte.

### 1.2.2.2 Plan de la parcelle

Concernant les combinaisons de réglages qui sont données au tableau 14, sont réalisés sur les extrémités de la parcelle vers le centres, pour éviter l'hétérogénéité des rendements, et pour obtenir les régimes maximums des deux machines (**Figure 32**).



**Figure 32** : Le dispositif d'essai et l'organisation du champ de récolte.

Les deux parcelles sont planes et très régulières, le choix de la trajectoire de la machine n'est pas important comme sur les parcelles irrégulières.

### V.2.3 Mode opératoire

Les pertes en grains d'une moissonneuse batteuses peuvent être d'origine divers (voir la **figure 19** dans la partie bibliographique) :

- Les pertes au battage, au secouage et au nettoyage : qui sont représentées par les épis non battus et les grains libres récupérés dans l'andain à l'arrière de la machine.
- Les pertes à l'avant de la machine dues à l'égrenage et à l'effet de la barre de coupe et du rabatteur.

Les directions de nos moissonneuses batteuses sur les deux parcelles d'essais choisies sans aucune base, parce qu'il s'agit des machine à sacs, le déchargement des sacs en grains ne pose pas des problèmes de manutention.

#### V.2.3.1 Déroulement des essais et échantillonnages

Sur les deux parcelles réservées, nous avons procédé au départ des prélèvements de **10** échantillons de **1m<sup>2</sup>** sur chaque parcelle pour l'estimation les caractéristiques de la culture (rendement, taux d'infestation, nombre **d'épi/m<sup>2</sup>** ...etc.). Les pertes en grains, le débit instantané, et les vitesses réelles d'avancement des deux moissonneuses batteuses sont déterminés comme suit :

L'évaluation des pertes en grain à l'arrière de la moissonneuse batteuse ne débutera qu'après une mise en action de la machine afin de permettre à ses mécanismes de fonctionner d'une manière stabilisée. La bâche ne doit pas être placée juste après une période d'arrêt pendant laquelle vraisemblablement le mécanisme de battage n'aura pas atteint sa pleine capacité .une distance d'environ **50 m** (sur la périphérie de la parcelle) est requise pour obtenir une charge satisfaisante.

En approchant la parcelle d'essai, les deux opérateurs des deux moissonneuses batteuses seront instruit de diriger les machines bien à l'intérieur de la culture de façon à laisser une bande étroite d'environ **30 cm** non récolté, cette procédure assure l'utilisation effective de la largeur de coupe de la machine. Lors d'un travail routinier de récolte cette bande sera moissonnée. Dans ce cas la largeur de coupe sera estimée de mesures réalisées sur dix bandes récoltées.

Au moment où les moissonneuses batteuses atteignent la parcelle d'essai, un assistant signalera l'insertion de la bâche au niveau des rejets des machines et dans le même temps on chronomètre la durée de l'essai. En fin de parcours ou lorsque suffisamment de paille et de menues pailles seront récupérées, on signalera le retrait de la bâche et l'arrêt de la machine.

Après le passage de la moissonneuse batteuse, différentes variables seront mesurées, à savoir la longueur correspondant au parcours d'essai (distance moissonnée), largeur de la parcelle d'essai (largeur total de coupe), le temps de parcours (durée d'essai) le poids de la paille et menues pailles recueillies et le poids des grains recueillies dans les sacs, pour mesurer le rendement de récolte.

Ainsi, on a les résultats sur les débits de travail des machines : la vitesse d'avancement réelles, et les pertes par la récupération et le traitement de l'ensemble de l'andain récupéré sur la bâche.

Pour chaque parcours et pour chaque vitesse d'avancement nous faisons varier deux fois la vitesse de rotation du batteur  $V_b$ , sur les deux machines, les combinaisons choisies sont représentées au tableau suivant :

**Tableau 13** : Combinaisons de réglages  $V_a$  et  $V_b$  pour les deux moissonneuses batteuses **CLAAS PMA** et **SAMPO SR 2045** sur les deux parcelles d'essais.

Vitesse de Batteur (tr/min)	Vitesses d'avancement (km /h)				
	$V_{a1}=1,9$	$V_{a2}= 2,8$	$V_{a3}=3 ,9$	$V_{a4}=4,4$	$V_{a5}=5,4$
$V_{b1}=700$	*				
$V_{b2}=800$	*	*			
$V_{b3}=900$		*	*		
$V_{b4}=1000$			*	*	
$V_{b5}=1100$				*	*
$V_{b6}=1200$					*

Les vitesses d'avancement de chaque machine et de rotation du batteur sont choisies selon l'état de la culture au moment de la récolte. Mais pour nos essais ces vitesses sont choisies après la consultation de la table de recommandation de réglage de chaque moissonneuse batteuse afin de créer le même environnement d'essai pour les deux machines.

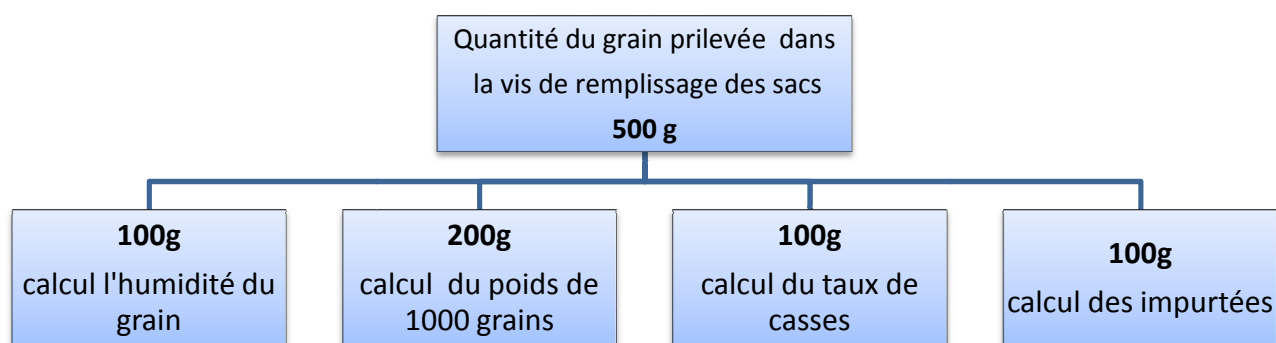
### 1.2.3.2 Réglages demandés

Les deux machines n'étaient pas à leur première campagne, pour la **SAMPO SR 2045** c'est sa deuxième campagne avec quelques heures de travail (**523 h**) affichées sur son compteur, et pour la **CLAAS PMA** c'est presque **10** récoltes qui ont été effectuées avec cette machine depuis sa mise en marche en **1991**(**DERIOUCHE. comm. Pers.**).C'est pour cela que des efforts ont été fournis par les techniciens de **CCLS** pour remettre la machine **CLAAS PMA** à sa capacité maximale.

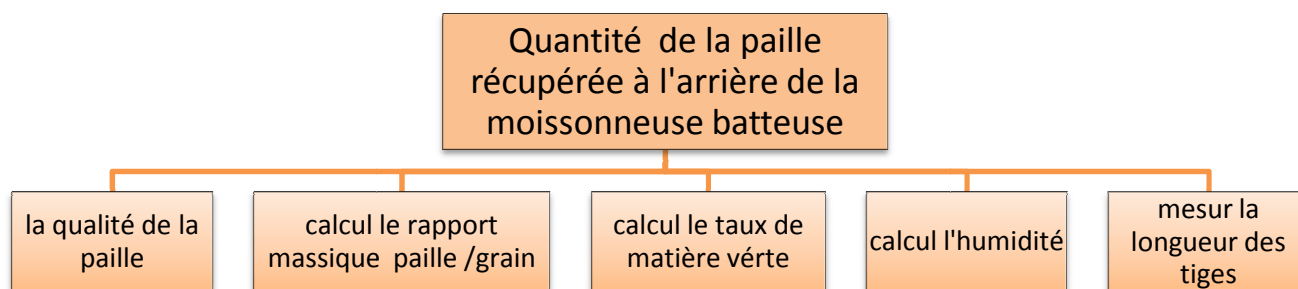
La moissonneuses batteuses **CLAAS PMA** a été entretenue de manière très efficace, surtout sur les pièces travaillantes du tablier de coupe jusqu'à la sortie de la paille.et un nettoyage réalisé avec l'air comprimé .la même chose pour le moteur on a changé ces filtres à huile, et le filtre à air...etc.

### 1.2.3.3 Travail de laboratoire

À partir de chaque échantillon de grains prélevé au champ pour une combinaison de vitesse effectuée sur les deux moissonneuses batteuses .un nouvel échantillonnage est réalisé pour le travail au laboratoire, qui consiste à déterminer l'humidité et les paramètres de la récolte (poids de **100** grains, hauteur des tiges ...etc.) et la qualité de travail de la machine selon le schéma de la **figure 33 et 34**.



**Figure 33** : Schéma d'échantillonnage des grains pour le travail au laboratoire.



**Figure 34** : Schéma d'échantillonnages de la paille pour le travail au laboratoire.

### 1.3 Caractéristique des cultures

#### 1.3.1 Rendement théorique de la culture à l'hectare (RE) (voir annexes 1)

Le rendement théorique (**RE**) est estimé à partir de plusieurs prélèvements dans différents endroits de la parcelle de manière à ce que l'échantillonnage soit représentatif, ces prélèvements se font sur une surface de **1m<sup>2</sup>**, la surface du cadre carré **1m x 1m**.

On récupère et on pèse tous les grains perdus au sol sous l'effet des causes naturelles (hommes, insectes, vents, animaux,...etc.).

On détermine ainsi le rendement théorique (**RE**) de la culture, selon la relation suivante :

$$\mathbf{RE} = \frac{(\mathbf{Gi} + \mathbf{Pni})}{\mathbf{A}} \quad (\mathbf{g/m^2})$$

- **Gi** : poids des grains des différents échantillons égrenés (**g**).
- **Pni** : poids des grains récupérés au sol (**g**).
- **A** : surface d'un échantillon **1 m<sup>2</sup>**.

On a évalué la quantité de grains récupérée au sol, sur des épis écrasés considérés comme pertes naturelles.

Il existe une autre méthode d'estimation du rendement biologique de la parcelle, par prélèvement d'épis à maturité, et la mesure précisément toutes les composantes du rendement et en particulier le nombre d'épis par mètre carré, le nombre des grains par épi (fertilité) et le poids de **1000** grains réel.

$$R_{\text{bio}} = \frac{\text{EPIS}/\text{m}^2 * \text{GRAINS}/\text{EPI} * \text{P1000G}}{\text{m}^2}$$

### 1.3.2 Hauteur moyenne des tiges (H) (voir annexe 2)

De chaque prélèvement, on prend vingt tiges, leur longueur est mesurée à l'aide d'une règle graduée, elle est déterminée par la relation suivante :

$$H = \sum_{i=1}^{n=20} L / n \quad (\text{cm})$$

- **L** : hauteurs des tiges (cm).
- **H** : hauteur moyenne des tiges (cm).

### 1.3.3 Taux d'humidité du grain (Hg) (voir annexe 3)

La détermination de l'humidité du grain se fait par prélèvement de **10** échantillons de **100 g**, puis passage dans une étuve à une température **105°C** pendant **24** heures, la différence des poids avant et après passage à l'étuve (frais et sec) nous donnera la quantité d'eau évaporée.

$$HG = \frac{Ph - Ps}{Ph} \cdot 100$$

- **Ph** : poids des grains humides (g).
- **Ps** : poids sec des grains après passage à l'étuve (g).
- **HG** : humidité du grain.

### 1.3.4 Taux d'humidité de la paille (voir annexes 4)

Pour déterminer le taux d'humidité de la paille en appliquant le même principe que celui des grains, avec la même relation.

$$HP = \frac{Ph' - Ps'}{Ph'} \cdot 100$$

- **Ph'** : poids de la paille humide (g).
- **Ps'** : poids sec de la paille après passage à l'étuve (g).

### 1.3.5 Rapport massique paille-grain (s) (voir annexes 5)

Le rapport paille-grain est déterminé selon la relation suivant :

$$S = \frac{P_{pi}}{P_{gi}}$$

- $P_{pi}$  : poids de la paille de l'échantillon (g).
- $P_{gi}$  : poids des grains de l'échantillon (g).

### 1.3.6 Pourcentage de vert à l'hectare (VP) (voir annexe 6)

À partir des échantillons pris on sépare les verts pour déterminer le rendement de la culture, ensuite on les pèse successivement. Leurs sommes divisées sur le nombre d'échantillons nous donne la qualité moyenne des verts par mètre carré.

$$Q_{vm} = \frac{P_v}{A} \text{ (g/m}^2\text{)}$$

- $P_v$  : quantité de vert d'un échantillon (g).
- $A$  : superficie de l'échantillon (m<sup>2</sup>).
- $Q_{vm}$ : quantité moyenne des verts (g/m<sup>2</sup>).

Le pourcentage moyen des verts (VP) par rapport au poids de la paille est donné par la relation suivante :

$$VP = \frac{Q_{vm}}{RE.S} 100 \text{ (\%)}$$

- $RE$  : rendement moyen (g/m<sup>2</sup>).
- $S$  : rapport massique paille-grain.

### 1.3.7 Poids de mille grains (PMG)

On fait passer mille grains dans le compteur des grains, puis on les pèse.

### 1.3.8 Rendement de la récolte en utilisation de la moissonneuse batteuse

Cette méthode la plus utilisé par les agriculteurs, à cause de ça simplicité et sa fiabilité, c'est le rendement récolté en **Kg** sur un hectare de la parcelle. (BOUTAHAR et al.1994)

On récolte sur une parcelle de **100m<sup>2</sup>**, sur une distance (**x**) à parcourir pour couvrir une parcelle de **100m<sup>2</sup>**.

Pour une largeur de coupe de **4.2 m**, avec **x = 24 m**, pour couvrir les **100 m<sup>2</sup>**.

On place un récipient (sac) à l'entrée du récupérateur de grains pour recevoir la récolte et on pèse les grains récolté sur la distance **x= 24 m**.

Donc la capacité de la machine à l'hectare (**Cma**) exprimé par la relation suivante :

$$\mathbf{Cma} \left( \frac{\mathbf{Kg}}{\mathbf{ha}} \right) = \frac{\mathbf{poids\ récolté\ (kg)}}{\mathbf{24(m)} * \mathbf{4.2\ (m)}} * \mathbf{100}$$

On utilise cette méthode pour comparer les quantités récoltées par les deux machines sur un hectare de chaque parcelle, avec des vitesses d'avancements fixes choisie auparavant par les deux conducteurs.

## 1.4 Caractéristique des machines

### 1.4.1 Les pertes à la plate-forme de fauchage (à l'avant de la machine) (annexe 8)

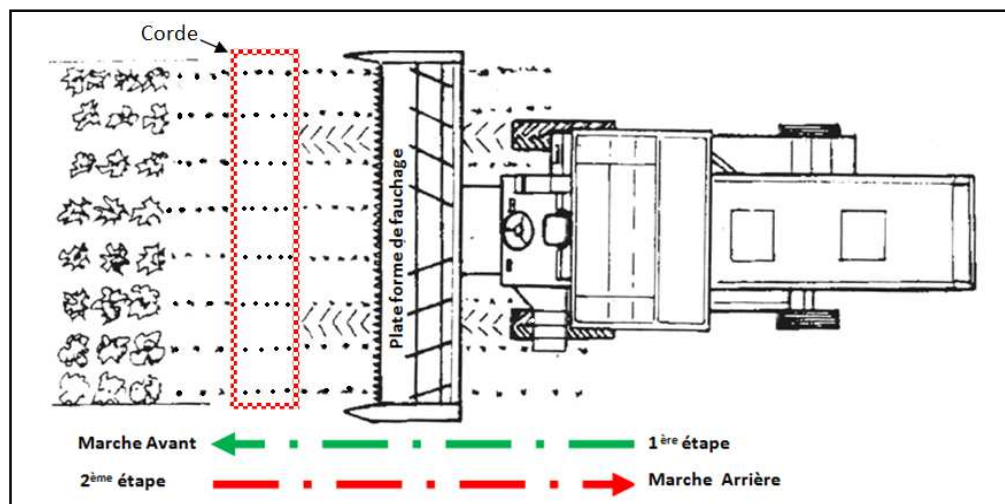
Sur l'ensemble de tablier de coupe, est très difficile pour déterminer la déperdition des grains. Pour nos essais, on utilise une méthode pratiquement efficace et facile c'est la plus utilisée par les constructeurs de moissonneuses batteuses.

On récolte sur une petite superficie de manière à remplir environ un quart d'un sac de **60 kg**. on arrête la moissonneuse batteuse et on laisse à tourner jusqu'à ce que toute la menue paille ait été éliminée. On recule ensuite d'une longueur de la machine. On Place le rectangle dans l'aire qui vient d'être couverte, à l'avant de la machine, et compter le nombre de grains en vrac et encore attaché sur les épis à l'intérieur du châssis.

L'opération sera répétée de manière à effectuer cinq relevés complets pour cinq vitesses de déplacement. Ceci permet d'obtenir un nombre plus fiable de grains perdus dans cette partie de la machine (**Figure 35**).

On consulte le tableau de référence de chaque machine (le tableau donné par le constructeur) puis on compare les résultats de pertes obtenus à ce niveau de la machine avec celles admissible donnée par le constructeur.





**Figure 35:** Méthode de déterminer les pertes à la plate-forme de fauchage

#### 1.4.2 Pertes à l'arrière de la moissonneuse batteuse (voir annexe 9,10, 11 et 12)

À l'aide d'un chronomètre on mesure le temps mis par les machines pour parcourir la distance de **20m** entre deux jalons afin de déterminer les différentes vitesses d'avancement. Pour chaque parcours on récupère les pertes en grains au niveau des bâches de chaque moissonneuse batteuse.

#### 1.4.3 Le taux de casse (voir annexe 9,10, 11 et 12)

Afin de déterminer le taux de casse pour chaque passage de la machine, on récupère du poste d'ensachage (sac à impuretés) des échantillons, on sépare et on pèse les grains cassés ; le taux de casse est déterminé comme suit :

$$C_g = \frac{P_{gc}}{P_e} * 100 (\%)$$

Avec :

- **C<sub>g</sub>** : taux de casse (%).
- **P<sub>gc</sub>** : masse de grains cassés dans l'échantillon (g).
- **P<sub>e</sub>** : masse de l'échantillon (g).

#### 1.4.4 Degré de nettoyage (Dn) (voir annexe 9,10, 11 et 12)

Afin de déterminer le taux d'impureté pour chaque passage de la machine, on récupère du poste d'ensachage des échantillons, on sépare et pèse les impuretés.

Le degré de nettoyage est déterminé comme suit :

$$Dn = \left(1 - \frac{Pin}{Pe'}\right) \times 100 (\%)$$

Avec :

- **Dn** : degré de nettoyage (%).
- **Pin** : masse des impuretés (g).
- **Pe'** : masse de l'échantillon (g).

# **CHAPITRE 2 : PRESENTATION DES RESULTATS**

## 2.1 Caractéristiques des cultures étudiées

Les essais ont été réalisés du **21 juin** jusqu'au **17 juillet 2011** sur deux parcelles de blé dur et de blé tendre. Les principales caractéristiques des parcelles sont résumées dans le tableau **14**. Et pour les caractéristiques des moissonneuses batteuses retrouvées dans le tableau **15**.

**Tableau 14** : Les caractéristiques des cultures étudiées.

	<b>Parcelle 1</b>	<b>Parcelle 2</b>
<b>Date de récolte</b>	21 juin au 03 juillet 2011	04 au 17 juillet 2011
<b>Espèce</b>	Blé tendre <b>Anza</b>	Blé dure <b>Chen's</b>
<b>Superficies (hectare)</b>	24	62
<b>Quantité de semences utilisées (q)</b>	32	96
<b>État de la culture</b>	Non irriguée	Non irriguée
<b>Nombre d'épi /m<sup>2</sup></b>	<b>306</b>	<b>215</b>
<b>Nombre de grains par épi</b>	<b>50</b>	<b>51</b>
<b>Rendement estimé (q/ha) selon CCLS</b>	<b>38</b>	<b>30</b>
<b>Rendement réel (q/ha)</b>	<b>35,5</b>	<b>26</b>
<b>Humidité du grain (%)</b>	<b>13</b>	<b>12</b>
<b>Humidité de la paille (%)</b>	<b>13</b>	<b>11,5</b>
<b>Hauteur moyenne des tiges (cm)</b>	<b>55,5</b>	<b>66,4</b>
<b>Rapport massique grain / paille</b>	<b>1,2</b>	<b>1,1</b>
<b>Poids de 1000 grains (g)</b>	<b>34</b>	<b>53</b>
<b>Température au moment des essais (°C)</b>	<b>32 à 34°C</b>	<b>37 à 40°C</b>
<b>États de la récolte (degré de la verse)</b>	Non versée	Versée
<b>Rendement final (q/ha)</b>	<b>30</b>	<b>20</b>
<b>Nombre de bottes en paille</b>	<b>2600</b>	<b>4000</b>

Pour apprécier la capacité et la qualité de travail de chaque machine, sur large plage de conditions de récolte, deux séries de tests réalisées, sur deux parcelles à spéculation différente

**Parcelle 1** : le chantier de récolte se commence vers **10 h** du matin, accompagnée de température élevées (de **32 à 34 °C**), et d'une hygrométrie très faible de **22%** et qui n'a pas dépassé **28 %** en fin de la journée.

**Parcelle 2** : sur une température un peu plus élevée de **37 à 40 °C**, parfois jusqu'à **45 °C** à l'après-midi, la récolte très sèche, l'hygrométrie très faible de **15% et 20 %** à la fin de la journée.

**Tableau 15** : Caractéristiques des deux moissonneuses batteuses étudiées avec quelques réglages. (Voir annexe 4)

Les réglages utilisés	MOISSONNEUSE – BATTEUSE CLAAS PMA		MOISSONNEUSE – BATTEUSE SAMPO SR 2045	
	Parcelle1	Parcelle2	Parcelle1	Parcelle2
Vitesse du ventilateur tr/min	700	800	700	800
Ouverture de grilles supérieures de nettoyage (mm)	14	14	14	14
Ouverture des grilles inférieures de nettoyage (mm)	6	8	5	8
Écartement batteur /contre –batteur (mm)	8	8	8	8
Position de la barre de coupe par rapport au sol	Parallèle	Parallèle	Parallèle	Parallèle
Position de la vis déchargeuse par rapport au convoyeur	Normale	Normale	Normale	Normale
Position du rabatteur par rapport à la vis déchargeuse	Normale	Rétractée	Normale	Rétractée
Hauteur moyen de coupe (cm)	18,4	15,3	13,1	14,3
Largeur moyenne de coupe (m)	3,3	3,5	3,6	3,7
Vitesse de rabatteur par rapport à la vitesse d'avancement de la machine	Légèrement Supérieur	Identique	Légèrement Supérieur	Identique
Inclinaison des griffes	Verticale	Inclinées	Verticale	Inclinées
Taux de casse (%)			Tolérance 3 %	
Taux d'impuretés (%)			Tolérance 1 %	
Taux de perte à l'arrière (%)			Tolérance 1 %	

**N/B** : Pour largeur et hauteur de coupe voir annexe 7.

Les conditions climatiques et la maturité de la paille ont donné un produit facile à presser à travers les organes de nos moissonneuses batteuses d'un point de vue humidité et longueur de brin.

Quelques difficultés remarquées sur la deuxième parcelle (Blé dur) avec des taux plus élevés du vert avec beaucoup de mauvaise herbes et de la verse. En outre les taux des impuretés sont plus importants sur les grains récupérés sur le cinquième sac.

Pour la position du rabatteur par rapport à la vis déchargeuse on a trois positions qui sont possibles à utilisées (rétractée, intermédiaire et étendue) donnés et fixés par le constructeur à l'usine. Ce type de réglage s'effectue manuellement.

Sur la plate-forme de fauchage de la moissonneuse batteuses **SAMPO SR 2045** est très facile de faire les réglages et le choix de différentes positions, notamment l'inclinaison vers le bas, qui ne se retrouve pas sur le tablier de coupe de la **CLAAS PMA**.

**Parcelle 1** : on a fixé le rabatteur à une position normale, qui convient à une largeur et longueur moyenne des tiges, avec les faible taux d'humidité.

**Parcelle 2** : sur cette parcelle on énormément de verse, on a fixé le rabatteur à une position rétractée par rapport à la vis déchargeuse, cette position très utilisée en présences des mauvaises herbes.

Concernant le réglage de la barre de coupe par rapport au sol, on a utilisé le même réglage pour les deux machine sur les deux parcelles, une position parallèle au sol .se réglage s'effectue hydrauliquement depuis la plate-forme de conduite.

## 2.2 Résultats des paramètres de la culture du blé tendre (Parcelle 1)

Les résultats des paramètres étudiés de la parcelle 1 de blé tendre, sont représentés au tableau 16, cette parcelle elle représente un très bon environnement expérimental, toutes les conditions sont réunis pour les essais des deux moissonneuses batteuses (une récolte homogène, pas de verse, absence des mauvaise herbes)

**Tableau 16:** Résultats des paramètres de la culture du blé tendre (Parcelle 1).

Échantillon	Rendement		Rapport Paille / grain	Taux d'humidité (%)		Quantité de verts Kg/ha			Hauteur des tiges (cm)
	g/m <sup>2</sup>	q/ha		paille	grain	g/m <sup>2</sup>	Kg/ha	%	
<b>1</b>	327	32,7	1,27	13,3	12,4	11,4	114	4,42	59,18
<b>2</b>	325	32,5	1,06	13,5	13,4	10,6	106	3,45	56,91
<b>3</b>	353	35,3	1,13	11,98	13,97	38,3	383	12,26	55,94
<b>4</b>	357	35,7	1,32	12,4	12,8	9,4	94	3,47	52,89
<b>5</b>	365	36,5	1,43	12,3	12,4	32,1	320	12,57	53,25
<b>6</b>	284	28,4	1,21	12,5	12,99	11,9	119	5,07	53,14
<b>7</b>	400	40	1,31	12,4	13,5	17,5	175	5,73	57,75
<b>8</b>	405	40,5	1,25	13,5	13,6	25,4	254	7,83	53,38
<b>9</b>	331	33,1	1,17	13,3	12,98	23,2	232	8,2	58,85
<b>10</b>	402	40,2	1,35	13,2	13	19,5	195	6,54	53,76
<b>Moyenne</b>	<b>354,9</b>	<b>35,49</b>	<b>1,25</b>	<b>12,83</b>	<b>13,10</b>	<b>19,93</b>	<b>199,3</b>	<b>7,01</b>	<b>55,50</b>

N/B : les résultats en détail sont dans les Annexes 1, 2, 3, 4,5 et 6.

Sur cette première parcelle la récolte n'est pas vraiment difficile c'est une récolte très homogène à travers toute la parcelle, malgré que le rendement est intensif et ce n'est pas possible de faucher selon la largeur de travail de chaque machine, pour éviter les bourrages.

### 2.3 Résultats des paramètres de la culture du blé dur (Parcelle 2)

Sur la parcelle de blé dur, les résultats et les paramètres de la culture sont représentés sur le tableau 17, mais il faut signaler que sur cette parcelle le taux de perte est important vu que la verse est très remarquable presque sur toute la parcelle, et aussi la présence d'un grand taux du vert avec des plantes adventices.

**Tableau 17** : Résultats des paramètres de la culture du blé dur (Parcelle 2).

Échantillon	Rendement		Rapport Paille / grain	Taux d'humidité (%)		Quantité de verts Kg/ha			Hauteur des tiges (cm)
	g/m <sup>2</sup>	q/ha		paille	grain	g/m <sup>2</sup>	Kg/ha	%	
<b>1</b>	304,1	30,41	1,07	11,7	13,4	30,6	306	10	66,57
<b>2</b>	261,7	26,17	1,01	11,16	12,99	42,2	422	16,2	68,44
<b>3</b>	338,4	33,84	1,06	11,63	12,32	18,6	186	5,8	66,66
<b>4</b>	411,5	41,15	1,16	10,95	12,46	20,5	205	5,7	67,02
<b>5</b>	220,9	22,09	1,09	11	12,8	28	280	13,8	66,20
<b>6</b>	230	23	1,08	11,8	11,95	25,7	257	12,0	65,11
<b>7</b>	216,1	21,61	1,19	11,05	12,4	50,2	502	27,6	66,36
<b>8</b>	173,7	17,37	1,03	11,15	12,01	19,5	195	11,5	65,19
<b>9</b>	215,8	21,58	1,05	11,6	12,3	15,4	154	7,4	63,76
<b>10</b>	234,3	23,43	1,06	11,9	11,98	10,5	105	4,7	69,31
<b>Moyenne</b>	<b>260,65</b>	<b>26,06</b>	<b>1,08</b>	<b>11,39</b>	<b>12,46</b>	<b>26,12</b>	<b>261,2</b>	<b>10,8</b>	<b>66,46</b>

N/B : Les résultats en détail sont dans les Annexes 1, 2, 3, 4,5 et 6.

Les essais des deux moissonneuses batteuses sur cette deuxième parcelle sont très difficiles, les difficultés liées en partie à une paille longs, avec un taux de la matière verte élevée. Donc il faut une bonne manipulation sur la plate-forme de conduite avec le tablier de coupe, sur les conditions pareilles le chauffeur doit être bien expérimenté.

### 2.4 Les rendements de la récolte calculées par les moissonneuses batteuses

Les rendements de récolte de chaque parcelle issus de la récolte des deux moissonneuses batteuse représentées au tableau 18.

**Tableau 18** : Les rendements des deux parcelles données par les deux moissonneuses batteuses en fonction de 05 vitesses d'avancements.

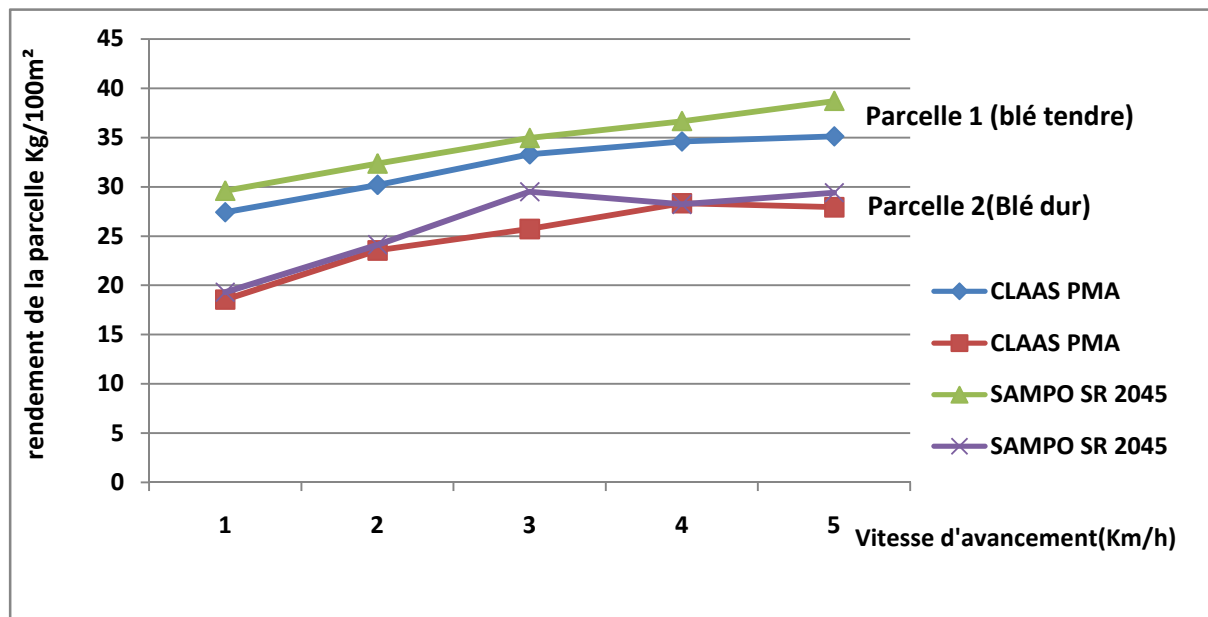
	Parcelle 1	Parcelle 2	Parcelle 1	Parcelle 2
Vitesse du batteur 800 tr/min	CLAAS PMA	CLAAS PMA	SAMPO SR 2045	SAMPO SR 2045
1.9	27,43	18,55	29,6	19,3
2.5	30,2	23,54	32,35	24,12
3.4	33,31	25,72	34,95	29,5
4.4	34,6	28,33	36,66	28,22
5.4	35,11	27,93	38,7	29,4
Moyenne en kg/100m <sup>2</sup>	32,13	24,81	34,45	26,10
Moyenne en kg/ha	3213	2481	3445	2610

Les valeurs moyennes du rendement données au tableau précédent ne sont pas finales, et au même temps sont toujours inférieures au rendement réel (biologique) en raison des pertes d'ordre de 2% et plus par fois à l'arrière de chaque moissonneuse batteuse.

La faillibilité de cette méthode diminue sur les parcelles à une récolte hétérogène, et avec une grande verse.

La **figure 36** représente la variation du rendement des deux parcelles selon les moissonneuses batteuses avec 5 vitesses d'avancement en **km/h**. Le rendement de la parcelle n'est pas lié à la machine ou sa vitesse d'avancement, mais plutôt la moissonneuse batteuse influe directement sur les rendements récoltés en fonction de sa vitesse d'avancement et ces pertes en grains laissées derrière avec la paille.





**Figure 36 :** Les rendements estimés par les deux moissonneuses batteuses en fonction de 5 vitesses d'avancement sur les deux parcelles.

Nous remarquons sur la **figure 36** les rendements donnés par la récolte avec la moissonneuse batteuse **SAMPO SR 2045** sont supérieurs aux rendements donnés par la **CLAAS PMA**, sur les deux parcelles et sur les trois niveaux de vitesse d'avancement. Cette différence du rendement s'explique par les pertes laissées derrière la machine. Ce qui nous a conduit à nous poser la question suivante : *quelles sont les conséquences des pertes au niveau de moissonneuse batteuse sur le rendement total de la culture ?*

Afin de répondre à cette question il a été utile d'étudier les pertes à l'avant et à l'arrière de chaque moissonneuse batteuse.

## 2.5 Résultats expérimentaux des paramètres étudiés sur les deux parcelles et pour les deux moissonneuses batteuses SAMPO SR 2045 et CLAAS PMA

On a deux types de résultats des paramètres étudiés au niveau de deux parcelles de variétés de blé différentes sur deux niveaux de chaque machines (avant sur le tablier de coupe et à l'arrière au secouage et nettoyage)

### 2.5.1 Perte sur la plate-forme de fauchage

Pour l'évaluation de la déperdition au niveau de tablier de coupe on a utilisés **05** vitesses d'avancement (avec **05** répétitions de chaque vitesse d'avancement) des deux machines, avec les mêmes réglages de la plate-forme de fauchage qui sont mentionnés au tableau **19**.

La limite supérieure de pertes pour le tablier de coupe est environs de **0.5 %** .environs de **1 à 2** grains sur une surface de **1 dm<sup>2</sup>** (la largeur de la paume de la main).

Les moyennes des pertes en grains sur les deux tabliers de coupe représentées au tableau suivant :

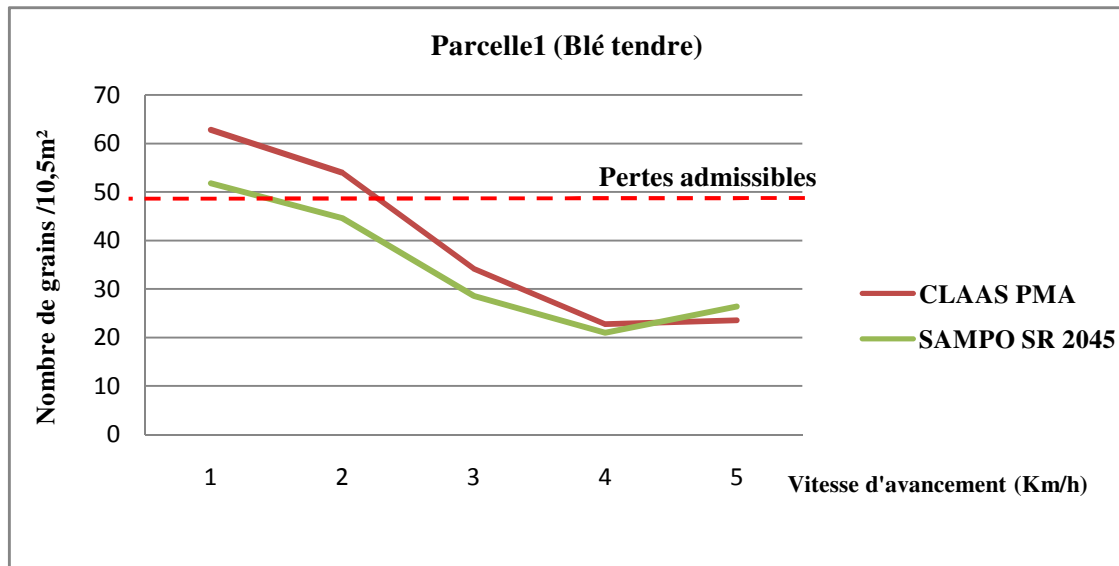
**Tableau 19** : Pertes en grains sur la plate-forme de fauchage des deux moissonneuses batteuses sur les deux parcelles.

Vitesse d'avancement de la machine		Parcelle 1 de blé tendre		parcelle 2 de blé dur	
(km/h)	m/s	CLAAS PMA	SAMPO SR 2045	CLAAS PMA	SAMPO SR 2045
1,9	0,53	62,8	51,8	75,8	68,6
2,5	0,69	54	44,6	60,2	67,6
3,4	0,94	34,2	28,6	40,6	33,2
4,4	1,22	22,8	21	29	28,8
5,4	1,5	23,6	26,4	37,4	23,8
Moyenne de la perte en Grain/10,5 m <sup>2</sup>		33,65	34,48	48,6	44,4

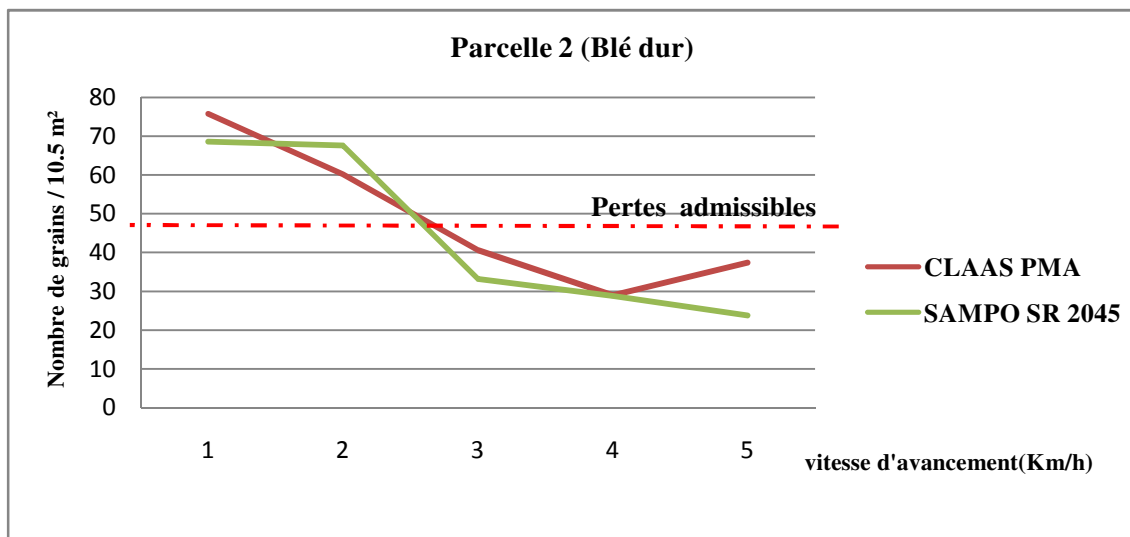
**N/B** : les résultats en détail sont dans l'annexe **8**.

Les pertes en grains de tablier de coupe exprimées par le nombre de grains par unité de surface de tablier de coupe de **10.5 m<sup>2</sup>** (largeur de coupe de **4,20m** X la longueur **2,5 m=10.5 m<sup>2</sup>**).

Les observations sur la variation des pertes en grains en relation avec la vitesse de la machines et la vitesse de rotation du rabatteur sont représentées sur les figures **37** et **38**.



**Figure 37 :** Variation de la déperdition des tabliers de coupe en fonction de la vitesse d'avancement des deux machines sur le blé tendre.



**Figure 38:** Variation de la déperdition des tabliers de coupe en fonction de la vitesse d'avancement des deux machines sur le Blé dur.

Les pertes admissibles sur les deux tabliers de coupe données par les deux constructeurs c'est **50 grains / la surface de tablier de coupe (10.5m<sup>2</sup>)**.

On remarque que les pertes sont plus élevées aux faibles vitesses de **1.9** et **2.5 km/h**, par contre sur les 3 vitesses de **3.4, 4.4 et 5.4 Km/h**, les pertes sont inférieurs à la valeur admissible de **50 grains/10,5m<sup>2</sup>**.

Globalement les deux figures **37** et **3** montrent clairement l'effet de la vitesse d'avancement de la machine et la vitesse de rotation de rabatteur sur les pertes aux tabliers de coupe sur les deux moissonneuses batteuses

La déperdition est beaucoup plus élevée au niveau de la deuxième parcelle de blé dur rapport aux pertes trouvées sur la première parcelle.

Nous constatons aussi que les pertes sur la plate-forme de fauchage de la moissonneuse batteuse **SAMPO SR 2045** inférieur de celle au niveau de la **CLAAS PMA**.

### 2.5.2 Résultats de pertes à l'arrière des moissonneuses batteuses avec les taux de casses et impuretés pour les deux machines

Durant les essais et sur les deux machines on a choisi de fixer les paramètres écartement batteur/ contre- batteur et la ventilation après plusieurs essais effectués par les techniciens de **CCLS**. Ces résultats sont présentés dans les tableaux (20, 21, 22 et 23).

**Tableau 20** : Résultats expérimentaux des paramètres étudiés sur la **parcelle 1**(blé tendre) pour la moissonneuse batteuse **CLAAS PMA**.

CLAAS PMA blocs	Facteur variables		Paramètres contrôlés			
	Vitesse d'avancement (km/h)	Vitesse de rotation du batteur (tr/mn)	Nombre d'échantillon	Taux de perte (%) moyen	Taux de casse (%) moyen	Taux d'impureté (%)
V <sub>1</sub>	1,9	700	5	3,18	1,89	8,05
V <sub>2</sub>	1,9	800	5	2,81	3,52	6,62
V <sub>3</sub>	2,8	800	5	1,98	2,04	5,35
V <sub>4</sub>	2,8	900	5	1,56	1,89	4,97
V <sub>5</sub>	3,9	900	5	1,5	1,63	3,35
V <sub>6</sub>	3,9	1000	5	1,06	1,23	3,02
V <sub>7</sub>	4,4	1000	5	1,03	1,35	2,23
V <sub>8</sub>	4,4	1100	5	2,25	0,76	1,83
V <sub>9</sub>	5,4	1100	5	0,94	0,24	2,88
V <sub>10</sub>	5,4	1200	5	1,17	0,11	2,89

**Tableau 21:** Résultats expérimentaux des paramètres étudiés sur la **parcelle 1**(blé tendre) pour la moissonneuse batteuse **SAMPO SR 2045**.

<b>SAMPO SR 2045</b>	<b>Facteur variables</b>		<b>Paramètres contrôlés</b>			
<b>blocs</b>	<b>Vitesse d'avancement (km/h)</b>	<b>Vitesse de rotation du batteur (tr/mn)</b>	<b>Nombre d'échantillon</b>	<b>Taux de perte (%) moyenne</b>	<b>Taux de casse (%) moyenne</b>	<b>Taux d'impureté (%)</b>
V <sub>1</sub>	1,9	700	5	2,06	1,08	4,85
V <sub>2</sub>	1,9	800	5	1,59	2,10	3,69
V <sub>3</sub>	2,8	800	5	1,29	1,82	2,29
V <sub>4</sub>	2,8	900	5	0,80	1,21	1,77
V <sub>5</sub>	3,9	900	5	0,68	1,15	1,56
V <sub>6</sub>	3,9	1000	5	0,55	0,8	1,43
V <sub>7</sub>	4,4	1000	5	0,65	1,14	1,37
V <sub>8</sub>	4,4	1100	5	1,72	0,27	1,14
V <sub>9</sub>	5,4	1100	5	0,56	0,16	0,68
V <sub>10</sub>	5,4	1200	5	0,70	0,02	0,5

**Tableau 22 :** Résultats expérimentaux des paramètres étudiés sur la **parcelle 2** (blé dur) pour la moissonneuse batteuse **CLAAS PMA**.

<b>CLAAS PMA</b>	<b>Facteur variables</b>		<b>Paramètres contrôlés</b>			
<b>blocs</b>	<b>Vitesse d'avancement (km/h)</b>	<b>Vitesse de rotation du batteur (tr/mn)</b>	<b>Nombre d'échantillon</b>	<b>Taux de perte (%) moyen</b>	<b>Taux de casse (%) moyen</b>	<b>Taux d'impureté (%)</b>
V <sub>1</sub>	1,9	700	5	3,18	1,89	8,05
V <sub>2</sub>	1,9	800	5	2,81	3,52	6,62
V <sub>3</sub>	2,8	800	5	1,98	2,04	5,35
V <sub>4</sub>	2,8	900	5	1,56	1,89	4,97
V <sub>5</sub>	3,9	900	5	1,5	1,63	3,35
V <sub>6</sub>	3,9	1000	5	1,06	1,23	3,02
V <sub>7</sub>	4,4	1000	5	1,03	1,35	2,23
V <sub>8</sub>	4,4	1100	5	2,25	0,76	1,83
V <sub>9</sub>	5,4	1100	5	0,94	0,24	2,88
V <sub>10</sub>	5,4	1200	5	1,17	0,11	2,89

**Tableau 23** : Résultats expérimentaux des paramètres étudiés sur la **parcelle 2** (blé dur) pour la moissonneuse batteuse **SAMPO SR 2045**.

SAMPO SR 2045	Facteurs variables		Paramètres contrôlés			
	blocs	Vitesse d'avancement (km/h)	Vitesse de rotation du batteur (tr/mn)	Nombre d'échantillons	Taux de perte (%) moyen	Taux de casse (%) moyen
V <sub>1</sub>	1,9	700	5	2,23	1,39	5,31
V <sub>2</sub>	1,9	800	5	1,88	2,48	3,83
V <sub>3</sub>	2,8	800	5	1,38	1,22	2,63
V <sub>4</sub>	2,8	900	5	1,07	1,47	2,10
V <sub>5</sub>	3,9	900	5	0,95	1,41	1,84
V <sub>6</sub>	3,9	1000	5	0,80	1,08	1,75
V <sub>7</sub>	4,4	1000	5	1,01	1,30	1,57
V <sub>8</sub>	4,4	1100	5	1,94	0,49	1,39
V <sub>9</sub>	5,4	1100	5	0,86	0,22	0,98
V <sub>10</sub>	5,4	1200	5	0,85	0,07	0,67

## 2.6 Commentaire

L'expérimentation s'est déroulée dans les bonnes conditions sans aucun incident, il y a lieu de souligner ce que suit :

En effet les machines expérimentées étaient bien réglées, seulement sur la moissonneuse batteuse **CLAAS PMA**, quelques systèmes et option qui ne sont pas disponibles comme le compteur de vitesse, et les graduations de réglage de la hauteur de coupe...etc. Nous avons déterminé la vitesse d'avancement par le chronométrage du temps de parcours ( $x$ ) entre deux jalons distant de **20m**, (mouvement uniforme  $V = \text{constante}$ ) ce qui donne  $V = x/t$  cela nous permis d'avoir la vitesse de déplacement réelle des deux machines en parallèle.

Concernant les mesures effectuées pour le calcul de degré de nettoyage et le taux de casse des deux machines, on a utilisées la **5ème** sortie d'ensachage (côté gauche) de la rampe de récupération des grains, les sacs qui sont fixées sur cette sortie servent de collecter les grains cassés avec les autres déchets de récoltes tels que les grains des mauvaises herbes.

Sur ce système de récolte en sacs le calcul de degré de nettoyage est facile et très significatif, par contre sur les moissonneuses batteuses avec trémie ce type de calcul est difficile, et la plus part du temps les résultats ne sont pas représentatifs.

Pour les réglages du rabatteur de chaque machine, ils ne sont pas identiques sur la hauteur par rapport à la barre de coupe, généralement très difficile de fixer cette hauteur pendant la récolte, chaque chauffeur utilise son propre réglage selon l'état de la récolte et du terrain. En exception sur la deuxième parcelle de blé dur on a utilisé le même réglage, le rabatteur avancé vers l'avant de la barre de coupe.

# **CHAPITRE 3 : ANALYSE ET INTERPRITATION DES RESULTAS**



### 3.1 Méthode de la théorie de similitude et l'analyse dimensionnelle

L'expérimentation est basée sur un nombre important d'essais et de répétitions, afin d'avoir suffisamment de données à une étude statistique de l'interaction entre les différents facteurs.

En machinisme agricole, l'expérimentation demande la mobilisation d'importants moyens matériels et humains eu égard à la complexité des mécanismes et des risques de pannes qui peuvent survenir durant l'essai, plusieurs chercheurs tels que **GIACOMELLI E. (1971)**, **MOSZ J. et KAMINSKI E. (1978)**, **SESTAK J. (1972)**, **TURQUIST P.K. et POTERFIELD J. G. (1967)** cité par **KAMINSKI E., KESRAOUI H. et ADJROUDI R. (1985)**, ont montré que la méthode d'analyse dimensionnelle et de la similitude peut être introduite avec succès dans les études du machinisme agricole, les avantages de cette méthode elle permet :

- Réduire le nombre d'expérimentation nécessaire pour obtenir des résultats de grandes précisions.
- de mettre en évidence les meilleures combinaisons de vitesse optimales.
- D'être un instrument mathématique très simple

#### 3.1.1 Principe de la méthode

Les grandeurs physique utilisent les unités, on peut distinguer les unités de base comme, les Mètres, les Kilomètre, les Secondes, les Joules, les Voltes ...etc, et les unités dérivées comme les Newtons.

Chaque unité de mesure dérivée peut être exprimée par l'intermédiaire des unités de base par exemple :

$$1N = \frac{1Kg \cdot m}{s^2}$$

La dimension de chaque grandeur peut être présentée sous la forme d'un produit des unités de base avec leur exposant :

- La vitesse en **m/s**.
- La densité en **kg/m<sup>3</sup>**.
- L'accélération en **m/s<sup>2</sup>**.
- La force en **Kg .m/s<sup>2</sup>**.

En générale dans les travaux expérimentaux, on recherche les relations qui existent entre les facteurs indépendants et les facteurs dépendants, ces relations sont exprimées par une fonction de la forme :

$$A = f(\alpha, \beta, \theta, \gamma, \dots) \dots \dots \dots (1)$$

A : grandeur dépendante.

$\alpha, \beta, \theta, \gamma$  : facteurs influents indépendants.

Le premier principe de la théorie de la similitude nous permet d'exprimer la formule (1) par l'une des deux formes d'équations suivantes :

$$A = C \cdot \alpha^a \cdot \beta^b \cdot \theta^c \cdot \gamma^d \dots \dots \dots (2) \text{ premier forme}$$

Ou

$$A = C \cdot \alpha^a \cdot \beta^b \cdot \theta^c \cdot \gamma^d + C_1 \dots \dots \dots (3) \text{ deuxième forme}$$

C et  $C_1$  sont des constantes  $a, b, c, d \dots$ , des exposants qui sont déterminés expérimentalement. On dit que l'équation (2) ou (3) est homogène, si le bilan des unités de la partie gauche correspond à celui des unités de la partie droite.

### 3.1.2 Application de la méthode de similitude et de l'analyse dimensionnelle sur notre cas

Dans notre étude des performances sur chaque moissonneuse -batteuse nous vons des facteurs variables influençant les pertes et la qualité de travail de chaque machine qui sont :

- **Facteur 1** : la vitesse d'avancement ( $V_a$ ) de la machine dont la variation est directement proportionnelle à la variation, de la capacité de récolte selon la relation suivante :

$$Q = R \cdot V_a \cdot L \cdot (1 + \xi) \quad \text{où}$$

Q : Capacité de récolte en (Kg/s).

R : Rendement en grain de la parcelle (Kg/m<sup>2</sup>).

$V_a$  : Vitesse d'avancement (m/s).

L : Largeur de travail (m).

$\xi$  : Rapport massique paille/grain.

La capacité exprime le volume de récolte passant par les organes de la moissonneuse batteuse par unité de temps, ce volume de récolte influe directement et de façon exponentielle sur les pertes et la qualité de travail de la machine.

- **Facteur 2** : vitesse de rotation du batteur (**Vb**) : nous avons pris ce facteur car les dimensions du batteur (longueur et diamètre) sont fixés par le constructeur, reste un seul paramètre est la vitesse de rotation qu'on peut varier facilement au niveau de la plate-forme de conduite vis une manette d'un variateur hydraulique.

La vitesse de rotation d'un batteur donnée par la relation suivante :

$$Vb(\text{tr/mn}) = \frac{R \pi n}{30} (\text{m/s})$$

**R** : Rayon du batteur (**m**)

**n** : Nombre de rotation par minute

D'après ce qu'on a cité sur la partie bibliographique, la capacité d'une moissonneuse batteuse est limitée par les organes de traitement de la récolte, dans notre cas c'est le batteur.

⇒ La capacité du batteur exprimé par la masse de récolte pressé à travers le mécanisme de battage par unité du temps.

⇒ Les résultats des paramètres étudiés (pertes, qualité de travail) s'expriment en fonction de la quantité de grain total qui traverse le contre batteur.

**P** : la masse d'un paramètre étudié qui se produit pendant une unité de temps. (Les pertes, les casses et les impuretés).

**t** : le temps.

Donc **P** est une fonction de **Va**, **Vb**, **m** et **t**.

Alors on peut écrire comme suit :

**P = f (Va, Vb, m, t)** d'après les règles de l'analyse dimensionnelle cette équation peut s'écrire de la façon suivante :

$$P = C \cdot Va^a \cdot Vb^b \cdot m^c \cdot t^d \dots\dots\dots (1) \text{ où } C \text{ constante.}$$

Le bilan des puissances est le suivant :

$$(Kg) = (m/s)^a \cdot (m/s)^b \cdot (Kg)^c \cdot (s)^d$$

Pour les **(Kg)** on a : **1=c**

Pour les **(m)** on a : **0 = a + b** ⇒ **b = - a**

Pour les **(s)** on a : **0 = - a - b + d** ⇒ **b - b + d = 0** ⇒ **d=0**

L'équation (1) aura la forme suivante :

$$P = C. Va^a .Vb^{-a} . m \Rightarrow \frac{P}{m} = C \left(\frac{Va}{Vb}\right)^a \dots\dots\dots(d)$$

Les expressions  $P/m$  et  $(Va/ Vb )^a$  sont des nombres adimensionnels ,les constantes  $C , a$  sont déterminées n utilisant la méthode de la régression linéaire par les moindres carrés.

En effet la fonction  $P/m = C (Va/ Vb )^a$  est une équation de la forme  $y= \alpha x^a$  avec :

**Y** : le résultat d’un paramètre étudié

**α**: une constante

**x** : la valeur du rapport des deux facteurs variables, **Va** et **Vb**, ces deux facteurs ont une grande influence sur les pertes en grains à l’arrière de la moissonneuse batteuse, sur le les taux de casses et sur le degré de nettoyage.

Sur les deux parcelles d’essais les rapports **Va/Vb**, nous donne les résultats qui sont représentées aux tableaux **24** et **25**, des pertes en grains et la qualité de travaux des deux machines.

**Tableau 24** : Résultats des calculs **(Va/Vb)** en fonction des paramètres étudiés sur la **parcelle 1** (Blé tendre, Variété **Anza**) pour les deux moissonneuses batteuses **CLAAS PMA** et **SAMPO SR 2045**.

Paramètre étudiées						Facteur variables				
CLAAS PMA			SAMPO SR 2045			Vitesse d’avancem nt		Vitesse de rotation du batteur		Rapport Va/Vb
Taux de perte (%) moyen	Taux de casse (%) moyen	Taux d’impureté (%) moyen	Taux de perte (%) moyen	Taux de casse (%) moyen	Taux d’impuret é (%) moyen	Va Km/h	Va m/s	Vb tr/mn	Vb m/s	Va /Vb
3,18	1,89	7,05	2,06	1,08	4,85	1,9	0,52	700	16,48	0,031
2,81	3,52	6,62	1,59	2,10	3,69	1,9	0,52	800	18,84	0,027
1,98	2,04	5,35	1,29	1,82	2,29	2,8	0,77	800	18,84	0,040
1,56	1,89	4,97	0,80	1,21	1,77	2,8	0,77	900	21,19	0,036
1,5	1,63	3,35	0,68	1,15	1,56	3,9	1,08	900	21,19	0,050
1,06	1,23	3,02	0,55	0,8	1,43	3,9	1,08	1000	23,55	0,045
1,03	1,35	2,23	0,65	1,14	1,37	4,4	1,22	1000	23,55	0,051
2,25	0,76	1,83	1,72	0,27	1,14	4,4	1,22	1100	25,9	0,047
0,94	0,24	1,88	0,56	0,16	0,68	5,4	1,47	1100	25,9	0,056
1,17	0,11	2,89	0,70	0,02	0,5	5,4	1,47	1200	28,26	0,052

**Tableau 25 :** Résultats des calculs ( $V_a/V_b$ ) en fonction des paramètres étudiés sur la parcelle 2 (blé dur, Variété Chen's) pour les deux moissonneuses batteuses CLAAS PMA et SAMPO SR 2045.

Paramètre étudiés						Facteur variables				
CLAAS PMA			SAMPO SR 2045			Vitesse d'avancement		Vitesse de rotation du batteur		Rapport $V_a/V_b$
Taux de perte (%) moyen	Taux de casse (%) moyen	Taux d'impureté (%) moyen	Taux de perte (%) moyen	Taux de casse (%) moyen	Taux d'impureté (%) moyen	$V_a$ Km/h	$V_a$ m/s	$V_b$ tr/mn	$V_b$ m/s	$V_a/V_b$
3,31	2,04	8,34	2,23	1,39	5,31	1,9	0,52	700	16,48	0,031
2,95	3,68	6,83	1,88	2,48	3,83	1,9	0,52	800	18,84	0,027
2,20	2,32	5,66	1,38	1,22	2,63	2,8	0,77	800	18,84	0,040
1,79	2,02	5,18	1,07	1,47	2,10	2,8	0,77	900	21,19	0,036
1,66	1,77	3,63	0,95	1,41	1,84	3,9	1,08	900	21,19	0,050
1,13	1,37	3,24	0,80	1,08	1,75	3,9	1,08	1000	23,55	0,045
1,21	1,68	2,5	1,01	1,30	1,57	4,4	1,22	1000	23,55	0,051
2,35	0,84	2,09	1,94	0,49	1,39	4,4	1,22	1100	25,9	0,047
1,11	0,31	3,09	0,86	0,22	0,98	5,4	1,47	1100	25,9	0,056
1,28	0,21	2,98	0,85	0,07	0,67	5,4	1,47	1200	28,26	0,052

### 3.1.3 Discussion

Comparativement aux normes données par les constructeurs dont les limites admissibles de pertes et de qualité de travail sont :

- Le taux de perte de grain inférieur à **1%**.
- Le taux de casse de grains de semence doit être inférieur à **1%**.
- Le taux de casse de grain de consommation doit être inférieur à **2%**.
- Le taux d'impureté doit être inférieur ou égale à **2%**.

À la suite de ces résultats nous avons appliqué la méthode de la similitude et de l'analyse dimensionnelle, avec le modèle mathématique qui retrouve auparavant (la formule (d)), il nous a permis de mettre en évidence les combinaisons de vitesse optimales de chaque machine, c'est-à-dire les combinaisons qui limitent les pertes et la qualité de travail aux normes de constructeur. Pour expliquer brièvement la méthode en considère :

- **P** : représente la masse d'un paramètre étudié (les pertes en grains, les casses et les impuretés).
  - **m**: représente la capacité du batteur exprimée par la masse de récolte qui pénètre le mécanisme de battage par unité du temps.
  - **Va/Vb** : sont des nombre adimensionnelles
- Les constantes **c** et **a** sont déterminer par la méthode de régression linéaire par les moindres carrées (**tableaux 26** et **27**).

### 3.2 Résultats de la régression linaires

Les équations obtenues pour chaque essai sur les deux parcelles sous forme d'une équation  $\frac{P}{m} = c \left(\frac{Va}{Vb}\right)^a$  (voir tableau 26 et 27).

#### 3.2.1 Première parcelle

**Tableau 26** : Résultats de la régression linéaire de la première parcelle (**blé tendre**).

PARCELLE 1	CLAAS PMA		SA2MPO SR 2045	
	Paramètres étudiés	Équations	R <sup>2</sup>	Équations
Pertes	$P/m= 0,0157 (Va/Vb)^{-1,464}$	<b>R<sup>2</sup>=0,86</b>	$P/m=0,0093 (Va/Vb)^{-1,464}$	<b>R<sup>2</sup>=0,86</b>
Casses	$P/m=0,005 (Va/Vb)^{-3,117}$	<b>R<sup>2</sup>=0,79</b>	$P/m=0,015 (Va/Vb)^{-3,476}$	<b>R<sup>2</sup>=0,83</b>
Impuretés	$P/m=0,0294 (Va/Vb)^{-1,521}$	<b>R<sup>2</sup>=0,76</b>	$P/m=0,006 (Va/Vb)^{-2,991}$	<b>R<sup>2</sup>=0,75</b>

#### 3.2.2 Deuxième parcelle

**Tableau 27** : Résultats de la régression linéaire de deuxième parcelle (**blé dur**).

PARCELLE 2	CLAAS PMA		SA2MPO SR 2045	
	Paramètres étudiés	Équations	R <sup>2</sup>	Équations
Pertes	$P/m=0,024(Va/Vb)^{-1,359}$	<b>R<sup>2</sup>=0,92</b>	$P/m=0,034(Va/Vb)^{-1,129}$	<b>R<sup>2</sup>=0,84</b>
Casses	$P/m=0,002(Va/Vb)^{-2,718}$	<b>R<sup>2</sup>=0,88</b>	$P/m=0,003(Va/Vb)^{-2,404}$	<b>R<sup>2</sup>=0,91</b>
Impuretés	$P/m=0,024(Va/Vb)^{-1,611}$	<b>R<sup>2</sup>=0,80</b>	$P/m=0,019(Va/Vb)^{-2,481}$	<b>R<sup>2</sup>=0,81</b>

### 3.2.3 Interprétation de coefficient de détermination $R^2$

Le coefficient de détermination  $R^2$  qui correspond les pertes de la moissonneuse batteuse **CLAAS PMA** égale à **0,86** et **0,92%**, c'est à dire d'environ **86 %** et **92 %** de la variabilité des pertes de cette machine (**CLAAS PMA**) , peut s'expliquer par la variabilité du rapport **Va/Vb** . Les **24%** et **18 %** restants s'expliquent très mal (sont le fait de causes mal comprises, facteur ou causes purement aléatoires et malgré quand connais toutes ces causes on ne peut pas les cités).ces valeur **86 %** et **92 %** dénote d'une forte corrélation qui sera vérifier sur les graphes qui suit.

Nous remarquons que les coefficients de corrélation de la moissonneuse batteuse **CLAAS PMA** supérieur au celle de la **SAMPO SR 2045**, pour les taux de pertes à l'arrière, les casses et les impuretés.

Donc on peut dire que le rapport **Va/Vb**, permet de nous renseigner sur les pertes en grains à l'arrière des moissonneuses batteuses et la qualité de travail de chacune. Vis-à-vis de l'action simultanée de ces deux paramètres (vitesse d'avancement et vitesse du batteur), ce qui nous donne une aperçue assez proche des conditions de battage de chaque machine.

L'influence des deux paramètres **Va** et **Vb** pris séparément a été largement étudiée par différents auteur cités a la partie bibliographique. Par contre leurs actions simultanées sur les pertes en grains et sur la qualité de travail ont été rarement abordées.

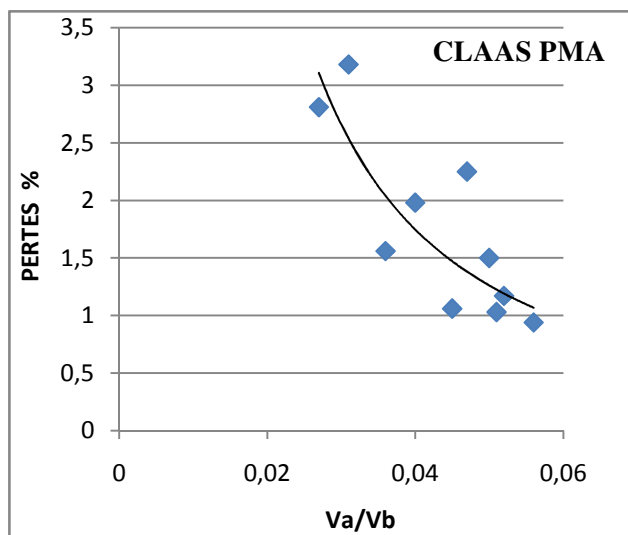
Les résultats obtenus dans ce domaine permettent d'opter pour certaine combinaisons de réglage entre la vitesse d'avancement de la moissonneuse batteuse et la vitesse de rotation de son batteur dans le but de limiter les pertes et améliorer la qualité de travail à des valeurs admissibles.

## 3.3 Cas de la première parcelle 1(blé tendre)

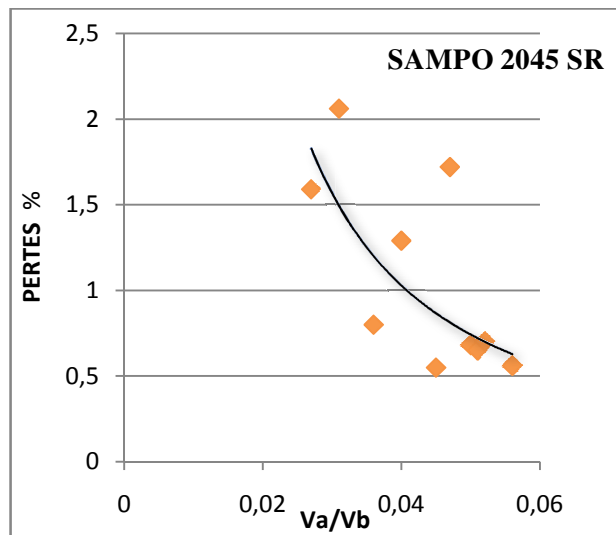
### 3.3.1 Étude des pertes à l'arrière des moissonneuses batteuses **CLAAS PMA** et **SAMPO SR 2045**

D'après les **figures (39,40)** représentant la variation des pertes en fonction du rapport (**Va/Vb**) des deux moissonneuses batteuses respectivement **CLASS PMA** et **SAMPO SR 2045** nous constatons qu'il y a une grande corrélation entre le pourcentage des pertes et le rapport

( $V_a/V_b$ ). Les valeurs observées donnent un nuage de points entre **0,5** et **1%** de perte pour **SAMPO SR 2045** et entre **1** et **1,5%** de pertes pour la **CLAAS PMA**.



**Figure 40** : Le taux de pertes par rapport au ( $V_a/V_b$ ) de la M-B CLAAS PMA.



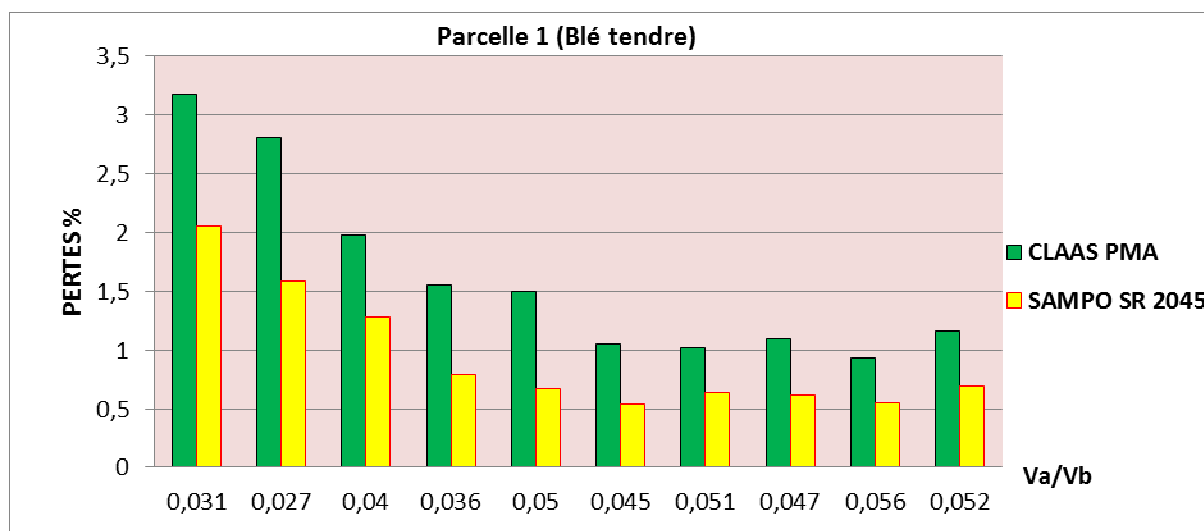
**Figure 39** : Le taux de perte par rapport au ( $V_a/V_b$ ) de la M-B SAMPO SR 2045.

Cependant les réglages préconisés selon les exigences agronomiques et économiques doivent permettre de minimiser les pertes à une valeur inférieure à **1%** donc le seuil optimum de pertes qui correspond aux rapports ( $V_a/V_b$ )=**0,052**, ( $V_a/V_b$ )=**0,056**, ( $V_a/V_b$ )=**0,045**, ( $V_a/V_b$ )=**0,036**, ( $V_a/V_b$ )=**0,051**, et ( $V_a/V_b$ )=**0,05**.

Pour la moissonneuse batteuse **SAMPO SR 2045** ; on constate que la moissonneuse batteuse **CLAAS PMA** engendre beaucoup de pertes (>**1%**) qui ne suivent pas les exigences agronomiques et économiques. Cependant on peut travailler avec les mêmes rapports que de **SAMPO SR 2045** mais avec des pertes qui peuvent aller jusqu'à **1,5%**.

D'après la **figure 41** nous remarquons que les pertes au niveau de la moissonneuse batteuse **CLAAS PMA** sont supérieures à celles de la moissonneuse batteuse **SAMPO SR 2045**.



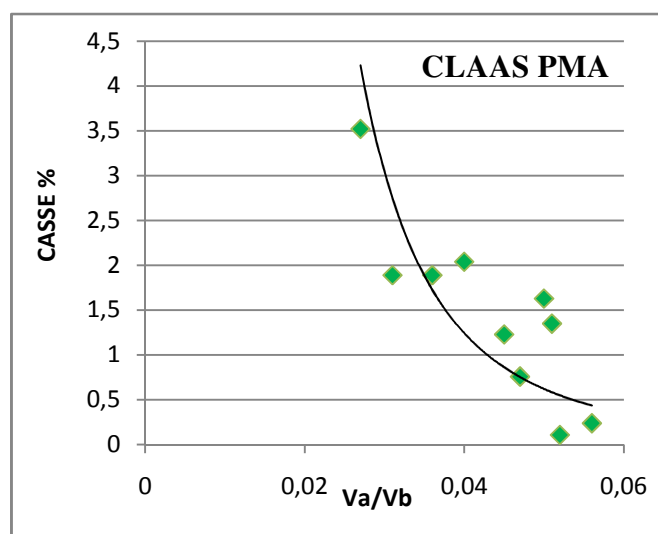


**Figure 41:** Les taux de pertes à l'arrière des deux machines en fonction de ( $V_a/V_b$ ).

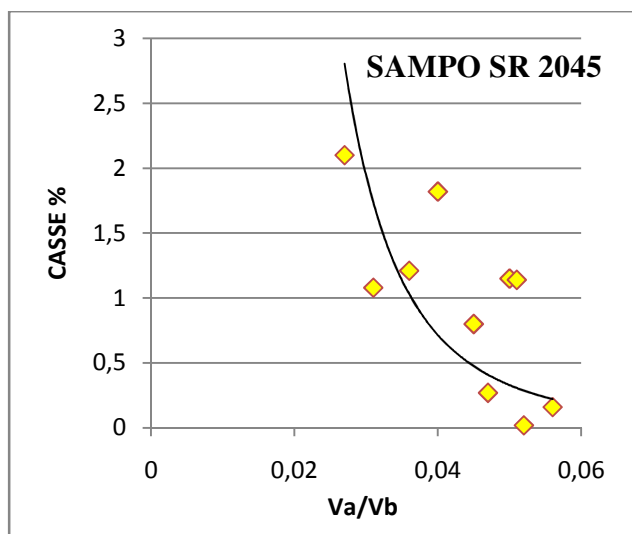
### 3.3.2 Étude de la casse pour CLAAS PMA et SAMPO SR 2045

D'après les deux **figures (42, 43)** qui représentent la variation de la casse en fonction du rapport ( $V_a/V_b$ ), nous remarquons qu'il y'a pas une grande corrélation. Pour obtenir un pourcentage de casse admissible selon les exigences agronomiques et économiques, deux cas sont envisageables :

- **1<sup>er</sup> cas** : graines destinées pour la semence → **Casse < 1%**.
- **2<sup>ème</sup> cas** : grains destinés à la consommation → **Casse < 2%**.



**Figure 42:** Le taux de casse par rapport au  $(Va/Vb)$  de la M-B CLAAS PMA.



**Figure 43 :** Le taux de casse par rapport au  $(Va/Vb)$  de la M -B SAMPO SR 2045.

Les rapports préconisés selon ces exigences qui doivent permettre de minimiser la casse à une valeur inférieure à 1% pour les graines destinées pour la semence sont :  $(Va/Vb)=0,045$ ,  $(Va/Vb)=0,047$ ,  $(Va/Vb)=0,052$  et  $(Va/Vb)=0,056$  pour la moissonneuses batteuses SAMPO SR 2045 et pour la moissonneuse batteuse CLAAS PMA il faut les rapports suivant :  $(Va/Vb)=0,047$ ,  $(Va/Vb)=0,052$  et  $(Va/Vb)=0,056$ .

Mais pour les grains destinés à la consommation pour minimiser la casse à une valeur inférieure à 2% donc le seuil optimum de casse correspond aux rapports  $(Va/Vb)=0,036$ ,  $(Va/Vb)=0,047$ ,  $(Va/Vb)=0,052$ ,  $(Va/Vb)=0,056$ ,  $(Va/Vb)=0,05$ ,  $(Va/Vb)=0,045$  et  $(Va/Vb)=0,051$  pour les deux machines.

D'après la **figure 44** nous remarquons que les taux de casse au niveau de la moissonneuse batteuse CLAAS PMA sont supérieurs à celles de la moissonneuse batteuse SAMPO SR 2045.

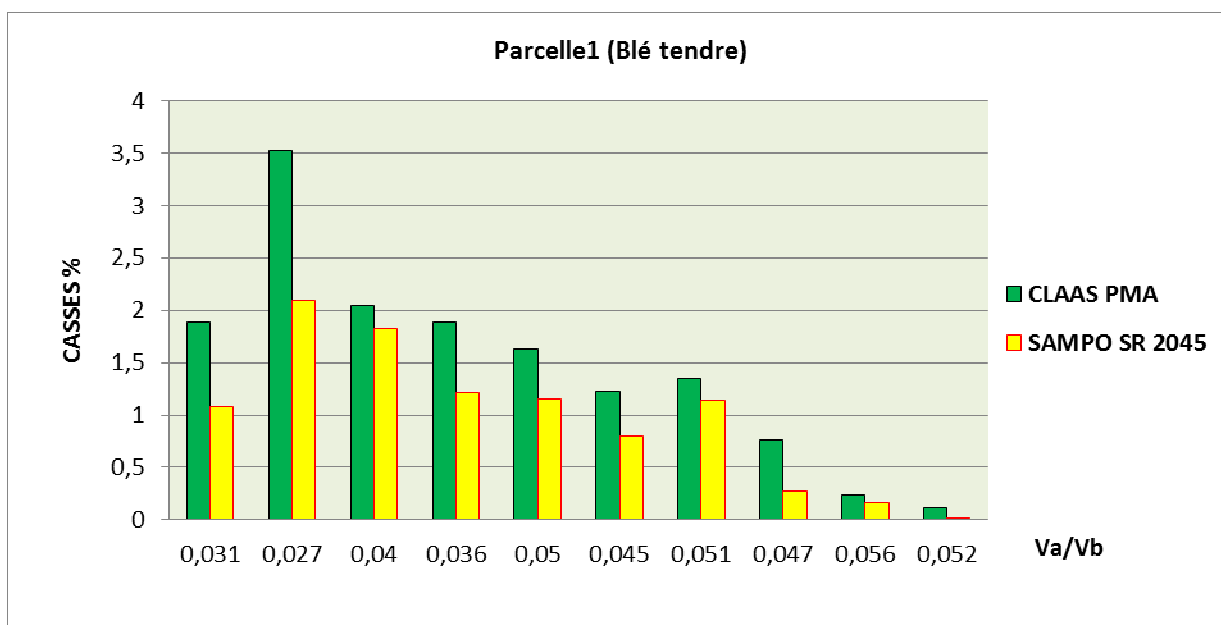


Figure 44 : Les taux de casses des grains des deux machines en fonction de (Va/Vb).

### 3.3.3 Étude d’impuretés de la moissonneuse batteuse CLAAS PMA et SAMPO SR 2045

D’après les figures (45,46), représentant la variation des impuretés en fonction du rapport (Va/Vb), il y’a une corrélation importante. Les exigences agronomiques et économiques donnent un seuil de taux d’impuretés tolérable inférieur à 2%.

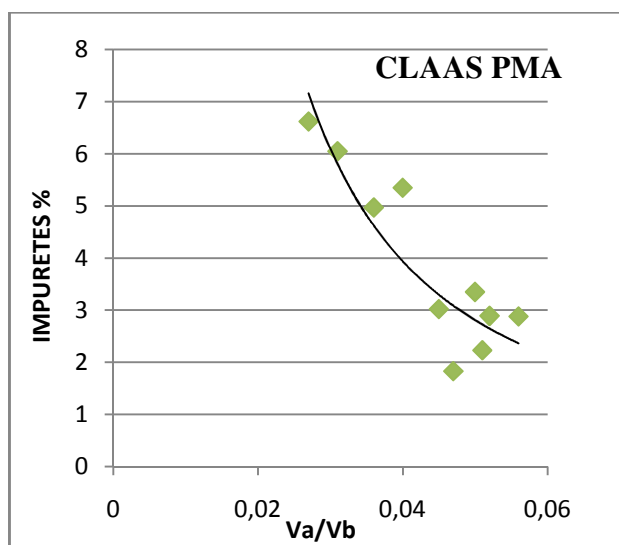


Figure 46: Le taux d’impuretés par rapport au (Va/Vb) de la M-B CLAAS PMA.

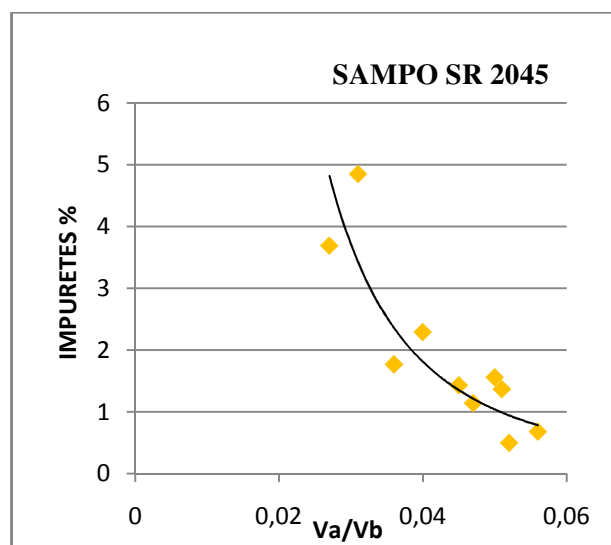
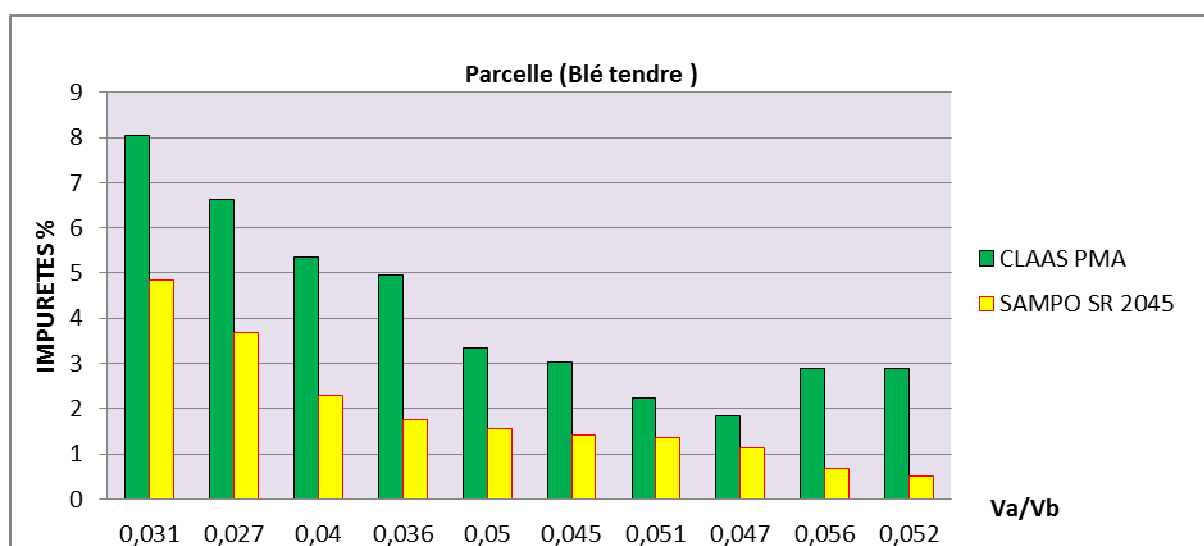


Figure 45: Le taux d’impuretés par rapport au (Va/Vb) de la M-B SAMPO SR 2045

Les rapports préconisés, selon les normes, sont :  $(Va/Vb)=0,036$ ,  $(Va/Vb)=0,047$ ,  $(Va/Vb)=0,052$ ,  $(Va/Vb)=0,056$ ,  $(Va/Vb)=0,05$ ,  $(Va/Vb)=0,045$  et  $(Va/Vb)=0,051$  pour la moissonneuse batteuse SAMPO SR 2045 et à un rapport  $(Va/Vb)=0,047$  pour la moissonneuse batteuse CLAAS PMA.

D'après la **figure 47** nous remarquons que les taux d'impuretés au niveau de la moissonneuse batteuse CLAAS PMA sont supérieurs à celles de la moissonneuse batteuse SAMPO SR 2045.

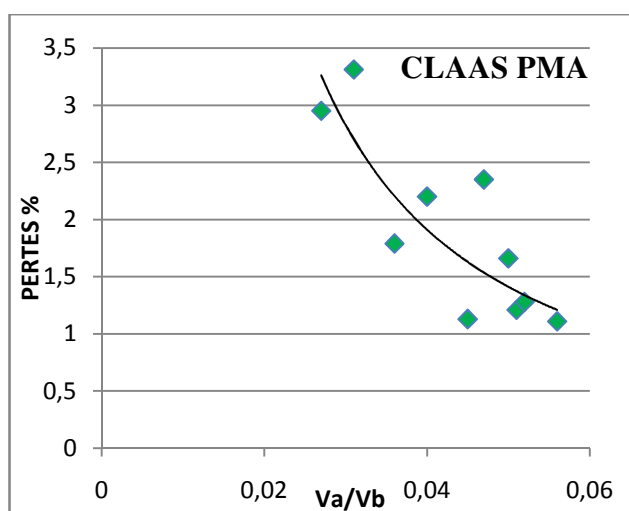


**Figure 47:** Les taux d'impuretés des deux machines en fonction de  $(Va/Vb)$ .

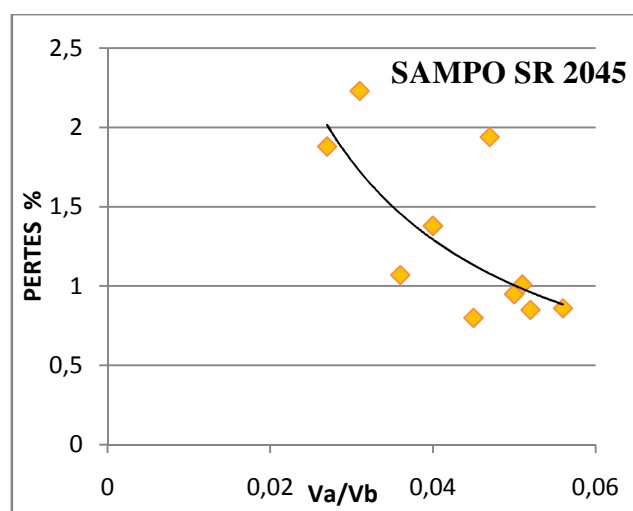
### 3.4 Cas de la deuxième parcelle (blé dur)

#### 3.4.1 Étude des pertes à l'arrière des moissonneuses batteuses CLASS PMA et SAMPO SR 2045

D'après les **figures (48,49)** représentant la variation des pertes en fonction du rapport  $(Va/Vb)$  des deux moissonneuses batteuses respectivement CLASS PMA et SAMPO SR 2045 nous constatons qu'il ya une grande corrélation entre le pourcentage des pertes et le rapport  $(Va/Vb)$ . Les valeurs observées donnent un nuage de points entre **0,5** et **1%** de perte pour SAMPO SR 2045 et entre **1** et **1,5%** de pertes pour la CLAAS PMA.



**Figure 49 :** Le taux de pertes en fonction de  $(Va/Vb)$  de la M-B CLAAS PMA.

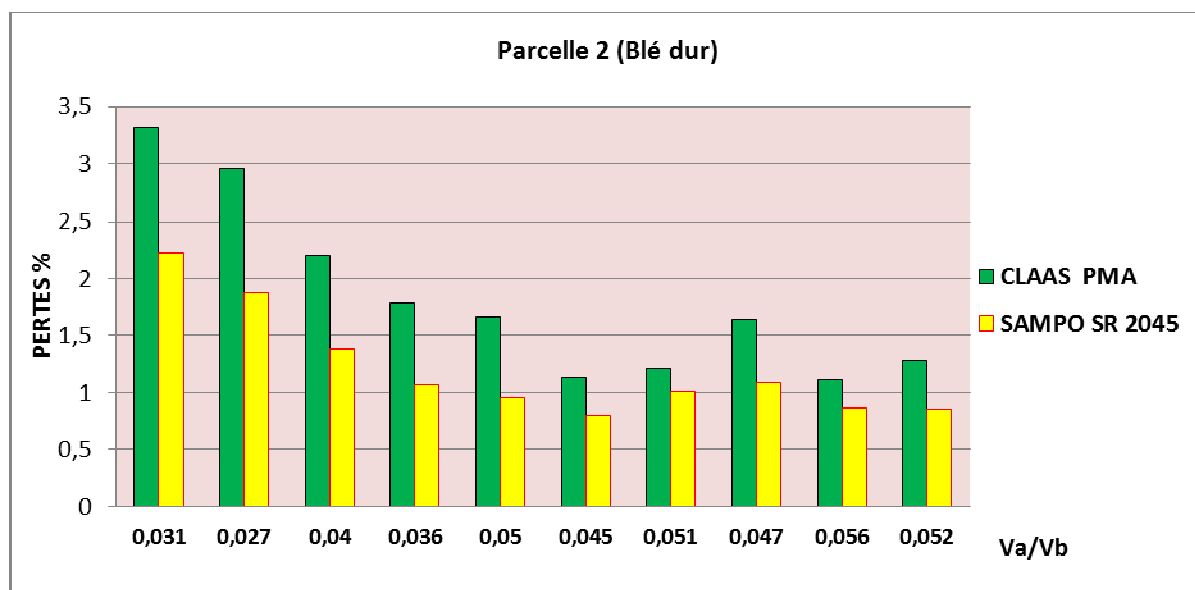


**Figure 48:** Le taux de pertes en fonction de  $(Va/Vb)$  de la M-B SAMPO SR 2045.

Cependant les réglages préconisés selon les exigences agronomiques et économiques doivent permettre de minimiser les pertes à une valeur inférieure à 1% donc le seuil optimum de pertes qui correspond aux rapports  $(Va/Vb)=0,045$ ,  $(Va/Vb)=0,036$ ,  $(Va/Vb)=0,051$ , et  $(Va/Vb)=0,05$ .

Pour la moissonneuse batteuse SAMPO SR 2045 ; on constate que la moissonneuse batteuse CLAAS PMA engendre beaucoup de pertes (>1%) qui ne suivent pas les exigences agronomiques et économiques. Cependant on peut travailler avec les rapports  $(Va/Vb)=0,045$ ,  $(Va/Vb)=0,051$ ,  $(Va/Vb)=0,056$  et  $(Va/Vb)=0,052$  mais avec des pertes qui peuvent aller jusqu'à 1,5%.

D'après la figure 50 nous remarquons que les pertes au niveau de la moissonneuse batteuse CLAAS PMA sont supérieures à celles de la moissonneuse batteuse SAMPO SR 2045.

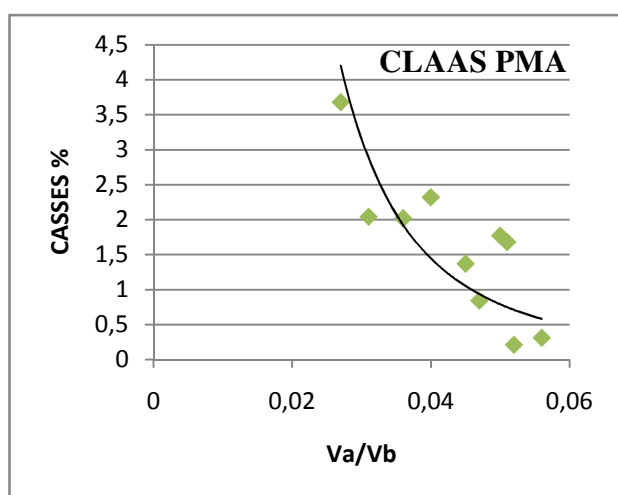


**Figure 50:** Histogramme représentant les taux de pertes des deux machines en fonction de ( $V_a/V_b$ ) sur deuxième parcelle de Blé dur.

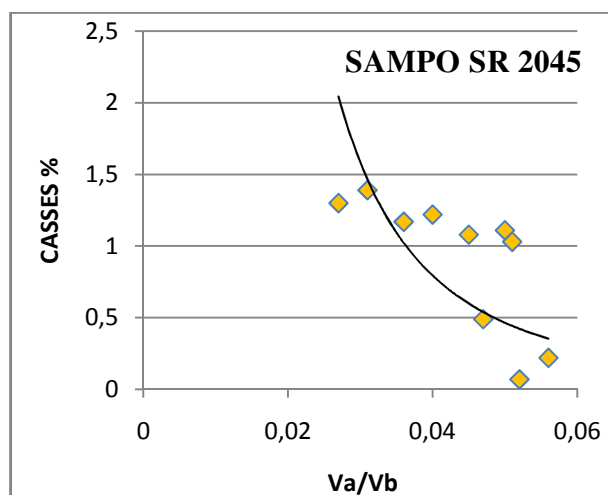
### 3.4.2 Étude de la casse pour CLAAS PMA et SAMPO SR 2045

D’après les deux **figures (51, 52)** qui représentent la variation de la casse en fonction du rapport ( $V_a/V_b$ ), nous remarquons qu’il y’a pas une grande corrélation. Pour obtenir un pourcentage de casse admissible selon les exigences agronomiques et économiques, deux cas sont envisageables :

- 1<sup>er</sup> cas : graines destinées pour la semence → Casse < 1%.
- 2<sup>ème</sup> cas : graines destinés à la consommation → Casse < 2%.



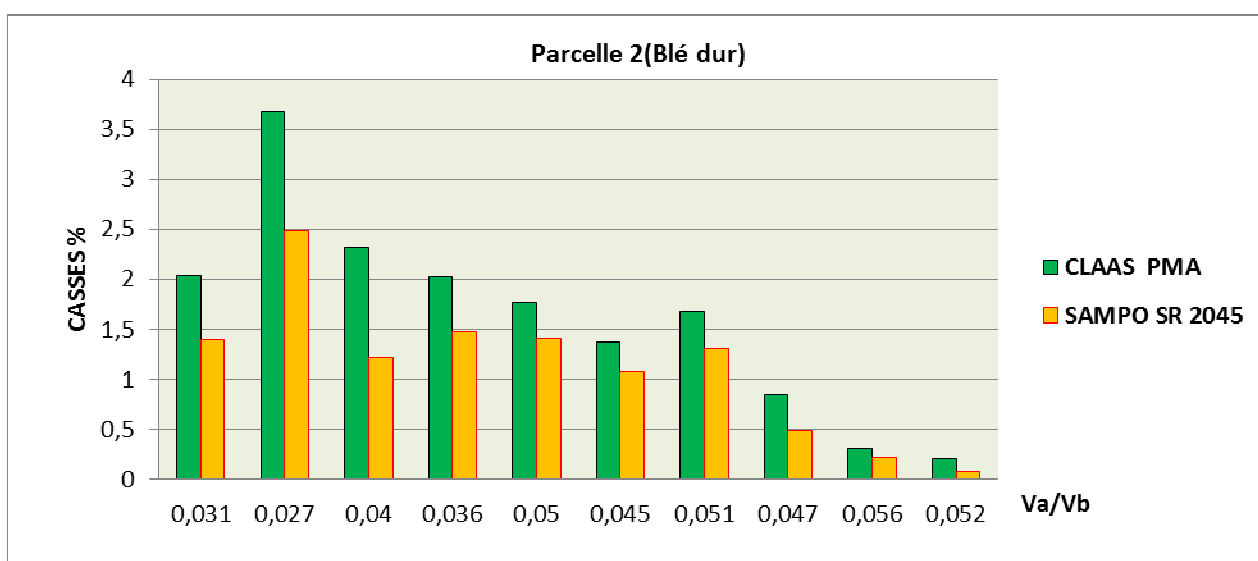
**Figure 52 :** Le taux de casse par rapport au ( $V_a/V_b$ ) pour la M- B CLAAS PMA



**Figure 51:** Le taux de casse par rapport au ( $V_a/V_b$ ) pour la M- B SAMPO SR 2045

Les rapports préconisés selon ces exigences qui doivent permettre de minimiser la casse à une valeur inférieure à 1% pour les grains destinés pour la semence sont :  $(Va/Vb)=0,047$ ,  $(Va/Vb)=0,052$  et  $(Va/Vb)=0,056$  pour les deux moissonneuses batteuses.

Mais pour les grains destinés à la consommation pour minimiser la casse à une valeur inférieure à 2% donc le seuil optimum de casse correspond aux rapports  $(Va/Vb)=0,047$ ,  $(Va/Vb)=0,052$ ,  $(Va/Vb)=0,056$ ,  $(Va/Vb)=0,05$ ,  $(Va/Vb)=0,045$  et  $(Va/Vb)=0,051$  pour les deux machines.

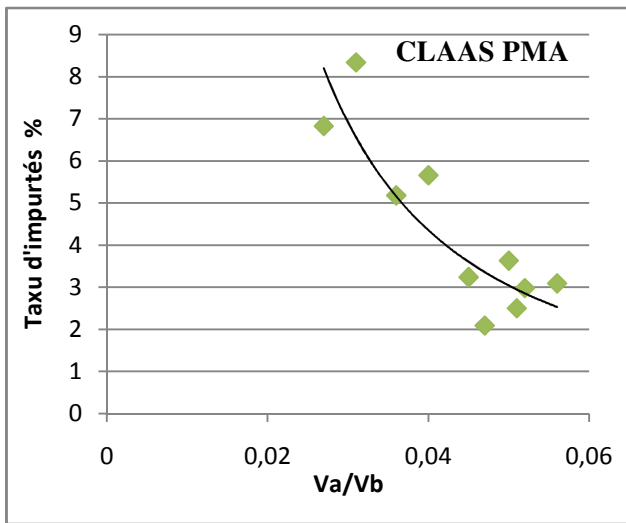


**Figure 53 :** Histogramme représentant les taux de casse des deux machines en fonction de  $(Va/Vb)$ .

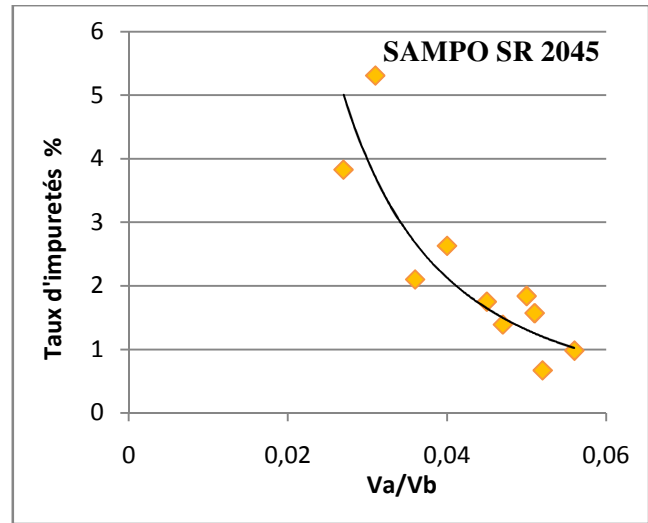
D'après la **figure 53** nous remarquons que les taux de casse au niveau de la moissonneuse batteuse **CLAAS PMA** sont supérieurs à celles de la moissonneuse batteuse **SAMPO SR 2045**.

### 3.4.3 Étude d'impuretés de la moissonneuse batteuse CLASS PMA et SAMPO SR 2045

D'après les **figures (54,55)**, représentant la variation des impuretés en fonction du rapport  $(Va/Vb)$ , il y'a une corrélation importante. Les exigences agronomiques et économiques donnent un seuil de taux d'impuretés tolérable inférieur à 2%.



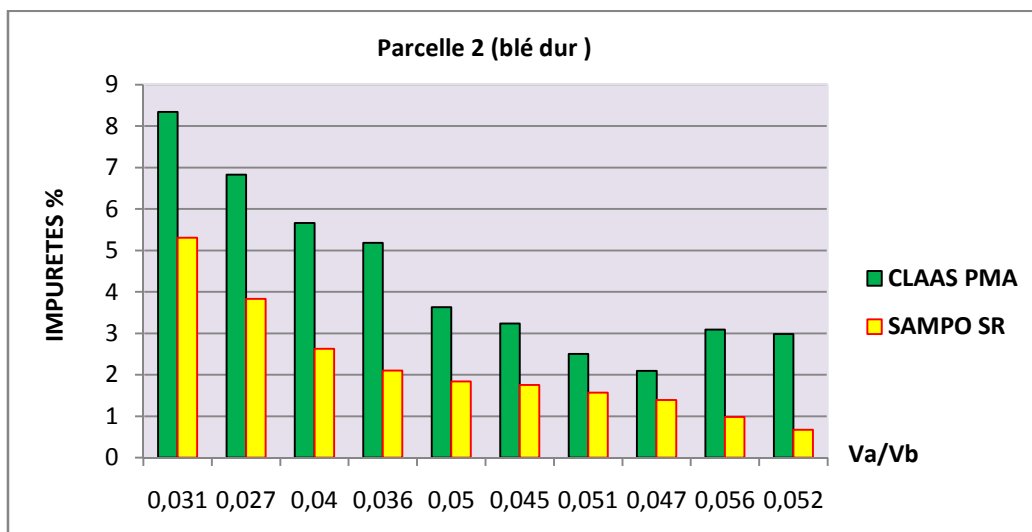
**Figure 54:** Taux d'impureté par rapport au (Va/Vb) pour la M-B CLAAS PMA.



**Figure 55:** Le taux d'impureté par rapport au (Va/Vb) pour la M-B SAMPO SR 2045.

Les rapports préconisés, selon les normes, sont : (Va/Vb)=0,047, (Va/Vb)=0,052, (Va/Vb)=0,056, (Va/Vb)=0,05, (Va/Vb)=0,045 et (Va/Vb)=0,051 pour la moissonneuse batteuse SAMPO SR 2045.

On constate que la moissonneuse batteuse CLAAS PMA engendre beaucoup d'impuretés (>2%) qui ne suivent pas les exigences agronomiques et économiques. Cependant on peut travailler avec les rapports (Va/Vb)=0,047, (Va/Vb)=0,051 et (Va/Vb)=0,052 mais avec des impuretés qui peuvent aller jusqu'à 3%.



**Figure 56 :** Histogramme représentant les taux d'impuretés des deux machines en fonction de (Va/Vb).



D'après la **figure 56** nous remarquons que les taux d'impuretés au niveau de la moissonneuse batteuse **CLAAS PMA** sont supérieurs à celles de la moissonneuse batteuse **SAMPO SR 2045**.

D'après cette étude sur les deux machines **SAMPO SR 2045** et **CLAAS PMA**, de point de vue qualité de travail, degré de nettoyage et les pertes en grains, nous remarquons que sur **SAMPO SR 2045** nous avons des grains plus propres, moins cassés et peu de pertes.

*Après ces observations et de comparaison des résultats des deux machines, et pour plus précision, une analyse statistique a été réalisée, elle nous a permis d'analyser les différentes corrélations entre les paramètres étudiés. Effet de type de la moissonneuse batteuse utilisée et de type de la spéculation récoltée sur les performances à la récolte (tous paramètres confondus).*

### **3.5 Analyse statistiques des résultats de l'effet de type de la spéculation et de la machine sur les performances à la récolte**

La première analyse statistique descriptive des résultats des performances étudiées (pertes, casse et impuretés) de deux moissonneuses-batteuses sur les deux parcelles de blé tendre et de blé dur, est illustrée sur le tableau suivant :

**Tableau 28:** La variation de la moyenne de chaque paramètre de performance pour les deux moissonneuses batteuses sur les deux parcelles.

Variable	Observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	Coefficient de variation
<b>P (MB1 d)</b>	10	1,110	3,310	1,899	0,784	<b>0,41</b>
<b>P(MB2 d)</b>	10	0,800	2,230	1,297	0,529	<b>0,41</b>
<b>P(MB1 t)</b>	10	0,940	3,180	1,748	0,786	<b>0,45</b>
<b>P(MB2 t)</b>	10	0,550	2,060	1,060	0,557	<b>0,53</b>
<b>C(MB1 d)</b>	10	0,210	3,680	1,624	1,026	<b>0,63</b>
<b>C(MB2 d)</b>	10	0,070	2,480	1,113	0,706	<b>0,63</b>
<b>C(MB1 t)</b>	10	0,110	3,520	1,466	0,991	<b>0,68</b>
<b>C(MB2 t)</b>	10	0,020	2,100	0,975	0,684	<b>0,70</b>
<b>I (MB1 d)</b>	10	2,090	8,340	4,354	2,061	<b>0,47</b>
<b>I (MB2 d)</b>	10	0,670	5,310	2,207	1,404	<b>0,64</b>
<b>I (MB1 t)</b>	10	1,830	7,050	3,919	1,938	<b>0,49</b>
<b>I (MB2 t)</b>	10	0,500	4,850	1,928	1,363	<b>0,71</b>

**Remarque :**

**P** : pertes, **C** : casses, **I** : impuretés et **d** : parcelle de blé dur et **t** : parcelle de blé tendre.

**MB1** : moissonneuse batteuse CLAAS PMA et **MB2** : moissonneuse batteuse SAMPO SR 2045.

Ce tableau nous donne la variation de la moyenne de chaque paramètre de performance des deux moissonneuses batteuses sur chaque parcelle. Nous nous sommes intéressés aux moyennes, aux écarts types et au coefficient de variation qui est lui-même le rapport entre l'écart type et la moyenne.

En théorie des probabilités et statistiques ; le coefficient de variation noté ( $c_v$ ) mesure la dispersion relative des valeurs mesurées par rapport à la valeur moyenne.

$$C_v = \frac{\sigma}{\mu}$$

Le coefficient de variation est intéressant pour montrer la variation des trois paramètres étudiés (**P**, **C**, **I**) au niveau de chaque machine sur les deux parcelles. Les valeurs de ce coefficient montrent :

- **Pour les pertes à l'arrière de la machine**

La variation de la perte en grains des deux moissonneuses batteuses est bien apparente sur les deux parcelles de blé tendre et blé dur.

Donc la perte en grains varie sur les deux machines testées d'une manière très significative, le coefficient de variation est de **0,41** à **0,53**. Cela peut nous conduire à dire que les pertes en grains varient selon la moissonneuse batteuse et la de la variété du blé récoltée.

- **Pour la casse**

Pour les taux de casses en grains des deux machines on distingue une même valeur de coefficient de variation de **0,63** sur la parcelle de blé dur.

Sur la parcelle blé tendre **CLAAS PMA**, le coefficient de variation pratiquement identique entre les deux machine avec **0,68** pour et **0,70** pour **SAMPO SR**.

- **Pour les impuretés**

Dans le cas de degré de nettoyage de la machine on constate, que la variation du taux d'impuretés diffère entre les deux moissonneuse batteuse **CLAAS PMA** et **SAMPO SR**. Ce qui montre que le type de la machine a un effet sur la propreté des grains.

Elle varie de manière importante selon le type de la récolte blé tendre et blé dur où on trouve le coefficient de variation égale à **0,47** et **0,79** pour **CLAAS PMA** et **0,64** et **0,71** pour la **SAMPO SR 2045**.

### 3.5.1 La matrice de corrélation entre les différents paramètres [P(%), C (%), I (%)]

Le tableau ci-dessous (matrice des corrélations est intéressant à présenter car il met en évidence les relations entre les différents paramètres étudiés).

**Tableau 29** : Représentation des corrélations entre les différents paramètres [P(%), C (%), I (%)]

Variables	P (MB1d)	P (MB2d)	P (MB1t)	P (MB2t)	C (MB1d)	C (MB2d)	C (MB1t)	C (MB2t)	I (MB1d)	I (MB2d)	I (MB1t)	I (MB2t)
P (MB1 d)	1											
P (MB2 d)	0,951	1										
P (MB1 t)	0,998	0,958	1									
P (MB2 t)	0,954	0,990	0,960	1								
C (MB1 d)	0,635	0,474	0,613	0,440	1							
C (MB2 d)	0,545	0,386	0,528	0,331	0,973	1						
C (MB1 t)	0,657	0,492	0,637	0,458	0,997	0,972	1					
C (MB2 t)	0,509	0,331	0,478	0,314	0,965	0,919	0,948	1				
I (MB1 d)	0,802	0,624	0,785	0,641	0,706	0,640	0,720	0,647	1			
I (MB2 d)	0,874	0,768	0,868	0,761	0,720	0,682	0,729	0,630	0,934	1		
I (MB1 t)	0,795	0,597	0,777	0,617	0,787	0,717	0,800	0,731	0,978	0,901	1	
I (MB2 t)	0,881	0,775	0,876	0,765	0,743	0,705	0,752	0,647	0,931	0,998	0,905	1

En statistique, une matrice de corrélation regroupe le niveau des relations (les corrélations) de plusieurs variables entre elles, les coefficients indiquant l'influence que les variables ont les unes sur les autres.

### 3.5.1.1 Corrélation au sein d'un même paramètre

L'analyse des corrélations indique qu'il y a toujours une forte corrélation au sein du même paramètre qui est la perte en grain (**P**) et ce quel que soit le type de la machine utilisée et le type de la spéculation récoltée.

Les coefficients de corrélations indiquent pour les pertes en grains une bonne corrélation entre les différents cas (**MB1, MB2, t, d**). Les coefficients sont supérieurs à **95%**. Ce qui signifie que le type de la machine et le type de la spéculation ont un effet très important sur la déperdition des grains à l'arrière de la machine. Ce qui veut dire que les pertes en grains lors de l'opération de la récolte mécanisée des céréales sont fortement influencées par le choix de la moissonneuse batteuse.

Pour la casse et les impuretés on distingue aussi une bonne corrélation entre les différents cas (**MB1, MB2, t, d**) avec des coefficients de corrélation supérieurs à **90%**. Ce qui veut dire que la machine et la variété du blé ont une influence significative sur la casse et le degré de nettoyage des grains.

### 3.5.2 Analyse statistique de l'effet de la moissonneuse batteuse et le type de la récolte sur les pertes en grains

Pour les deux parcelles d'essais avec deux variétés différentes, la première parcelle de blé tendre les conditions de travail sont idéales pour la récolte mécanisée du blé avec des taux du vert et de verse faible. La deuxième parcelle de blé dur considéré comme un milieu difficile de récolte avec des taux de verts et de verse importants.

Il est à remarquer donc que la déperdition est plus importante au niveau de la deuxième parcelle du blé dur quel que soit le type de la machine. Donc le type de la spéculation et l'état de la culture ont un effet direct sur les niveaux de pertes en grains à l'arrière de la moissonneuse batteuse ce qui nous a conduit à nous poser la question suivante : *quelles sont les conséquences sur la déperdition en grains.*

Afin de répondre à cette question il a été utile d'analyser en premier les différentes corrélations entre **P (MB1 d)** et **P (MB2 d)** d'une part et **P (MB1 t)** et **P (MB2 t)** d'une autre part.

### 3.5.2.1 Matrice de corrélation entre les différentes valeurs de P

Cette matrice de corrélation montre la puissance de la corrélation entre les différentes valeurs de perte en grain sur les deux machines

**Tableau 30** : Les corrélations entre différentes valeurs de P

	P (MB1 d)	P(MB2d)	P(MB1t)	P(MB2t)
P (MB1 d)				
P(MB2d)	<b>0,951</b>			
	<b>10</b>			
	<b>0.0000</b>			
P(MB1t)	<b>0,998</b>	<b>0,958</b>		
	<b>10</b>	<b>10</b>		
	<b>0.0000</b>	<b>0.0000</b>		
P(MB2t)	<b>0,954</b>	<b>0,990</b>	<b>0,960</b>	
	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	
	<b>0.0000</b>	<b>0.0000</b>	<b>0.0000</b>	

- Valeur de  $r$  (coefficient de Pearson) compris entre  $-1$  et  $+1$ .
- (Nombre de mesure = 10).
- Probabilité statistique :  $p$  qui examine la signification statistique des corrélations prévues.

Cette table montre la puissance de corrélation entre les paires des variables étudiées, dans notre cas cette variable est les pertes en grains en fonction de la moissonneuse batteuse et le type de la parcelle récolté .Ces coefficients de corrélation ( $r$ ) varient entre  $-1$  et  $+1$  et mesurent la force de corrélation linéaire entre les variables.

Les valeurs de  $p$  en dessous de **0,05** indiquent statistiquement des corrélations différentes de zéro significatives au niveau de confiance **95 %**. Les paires suivantes de P ayant des valeurs de  $p$  en dessous de **0,05** sont donc fortement corrélées, ce qui signifie d'une manière générale que la moissonneuse batteuse choisie et la spéculation récolté ont des effets certains sur la perte des grains à l'arrière de la machine.

Les paires suivantes ont des valeurs de  $p$  inférieures à **0,05** :

- 1- P (MB1d) et P (MB2d) .....  $r = 0,951$
- 2- P (MB1d) et P (MB1t).....  $r = 0,998$
- 3- P (MB2d) et P (MB1t) .....  $r = 0,958$
- 4- P (MB2t) et P (MB1d)..... $r = 0,954$
- 5- P (MB2t) et P(MB2d)..... $r = 0,990$
- 6- P (MB2t) et P(MB1t)..... $r = 0,960$

De manière générale, cela signifie que l'effet de la spéculation (variété de blé et l'état de la parcelle) et le type de la machine (deux moissonneuses batteuses différentes) sont très hautement significatifs.

### 3.5.2.1.1 La corrélation entre P pour P (MB1 d) et P(MB2d)

D'après l'analyse de la corrélation on constate qu'il y a une forte corrélation entre P (MB1 d) et P(MB2d).

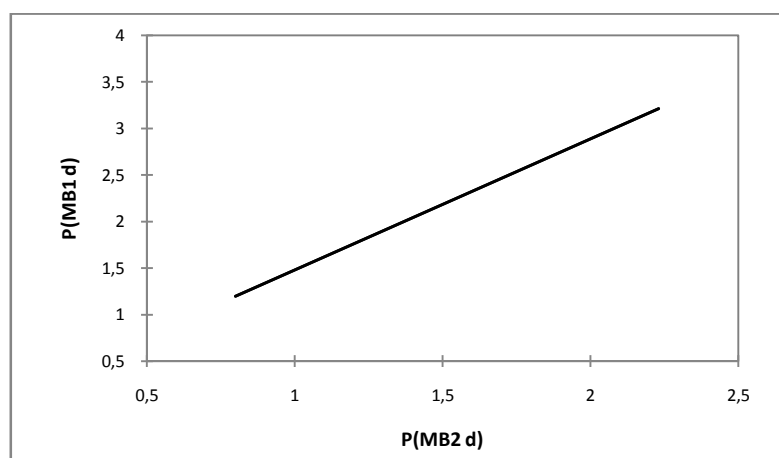


Figure 57 : Courbe représentant la corrélation entre P (MB1 d) et P(MB2t)

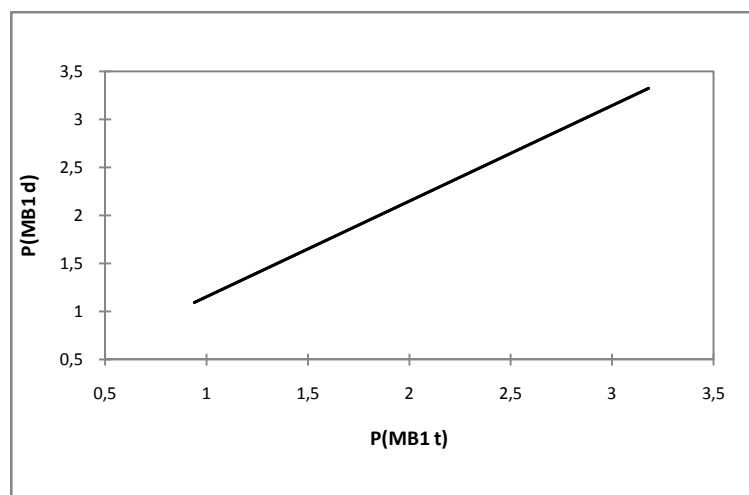
L'analyse par régression linéaire, mettant en relation la variable P (MB1 d) avec la variable P(MB2t), a donné la relation suivante :

$$P(\text{MB1 b}) = 7,22 + 1,40 * P(\text{MB2 b}) \text{ avec } R^2 = 95,1$$

Cette relation confirme distinctement que le type de la moissonneuse batteuse et la parcelle de la récolte ont un effet certain sur la déperdition en grains à l'arrière des deux machines. Nous constatons d'après cette formule et d'après l'étude faite précédemment sur les pertes de chaque machine sur les deux types de blé (blé tendre et blé dur) en relation avec l'état de la parcelle (la verse) et le taux de vert, ainsi que les rapports massiques pailles-grains, que la parcelle homogène et propre présente des faibles taux de pertes en grains, par rapport à la deuxième parcelle qui n'est pas homogène avec des taux de verse élevés. Ces remarques font ressortir l'importance de choix de la machine par rapport à la spéculation récoltée. D'ailleurs, les machines de récolte conventionnelles ont un effet direct sur les rendements récoltés, d'où l'intérêt d'utiliser des nouvelles machines non conventionnelles de type axiales.

### 3.5.2.1.2 La corrélation entre P pour P (MB1d) et P (MB1t)

D'après l'analyse de la corrélation on constate qu'il y a une très forte corrélation entre P (MB1d) et P (MB1t).



**Figure 58:** Courbe représentant La corrélation entre P (MB1d) et P (MB1t).

L'analyse par régression linéaire, mettant en relation la variable P (MB1d) avec la variable P (MB1t) a donné la relation suivante :

$$P(\text{MB1 d}) = 0,158 + 0,995 * P(\text{MB1 t}) \text{ avec } R^2 = 99,8$$

Cette relation montre clairement à l'image de la première relation, que la déperdition en grains à lors de la récolte mécanique est modifiée par le type de la parcelle, donc le type de la spéculation à un effet augmentatif ; et on constate que la perte en grains sur la deuxième parcelle de blé dur est supérieure à celle de la première parcelle de blé tendre, ce qui nous conduit à conclure que le choix des réglages de moissonneuses batteuses est très décisif sur les types de récolte.

Tenant compte de la valeur de  $p$  inférieure à **0,05** dans le tableau d'ANOVA, le modèle établi montre que la relation entre P (MB1d) et P (MB1t) est fortement significative à un niveau de confiance supérieur de **95%**. Le coefficient de détermination  $R^2 = 99,8$ , montre que le modèle est expliqué à **99,8 %**. Le coefficient de corrélation est égal à 0,998 indiquant une relation relativement très forte entre les variables.

Pour le reste des autres résultats de P des autres corrélations sont représentées au tableau suivant :

**Tableau 31** : Les équations des matrices de corrélations de [P].

Matrice de corrélation	Équation du modèle	Coefficient de corrélation r
P (MB2d) et P (MB1t)	$P (MB2 d) = 0,169+0,646*P (MB1 t)$	<b>0.958</b>
P (MB2t) et P (MB1d)	$P (MB1 d) = 0,475+1,343*P (MB2 t)$	<b>0.954</b>
P (MB2t) et P (MB2d)	$P (MB2 d) = 0,298+0,941*P (MB2 t)$	<b>0.990</b>
P (MB2t) et P (MB1t)	$P (MB1 t) = 0,311+1,355*P (MB2 t)$	<b>0.960</b>

Concernant les corrélations des autres facteurs étudiés : C (casses) et I (impuretés) le même principe utilisés, les matrices de corrélation de ces deux paramètres avec leurs équations représentées au tableau 32 et 33.

**Tableau 32** : Les équations des matrices de corrélations de [C].

Matrice de corrélation	Équation du modèle	Coefficient de corrélation r
C (MB1 d) et C (MB2 d)	$C (MB1 d) = 4,949 +1,414*C (MB2 d)$	<b>0,973</b>
C (MB1 d) et C (MB1 t)	$C (MB1 d) = 0,111+1,031*C (MB1 t)$	<b>0,997</b>
C (MB2d) et C (MB1 t)	$C (MB2 d) = 9,826+0,692*C (MB1 t)$	<b>0,972</b>
C (MB2 t) et C (MB1 d)	$C (MB2 t) = - 6,944+0,643*C (MB1 d)$	<b>0,965</b>
C (MB2 d) et C (MB2 t)	$C (MB2 d) = 0,187+0,948*C (MB2 t)$	<b>0,919</b>
C (MB1 t) et C (MB2 t)	$C (MB1 t) = 0,126+1,374*C (MB2 t)$	<b>0,948</b>

**Tableau 33** : Les équations des matrices de corrélations de [I].

Matrice de corrélation	Équation du modèle	Coefficient de corrélation r
I (MB1 d) et I (MB2 d)	$I (MB1 d) = 1,328+1,371*I (MB2 d)$	<b>0,934</b>
I (MB1 d) et I (MB1 t)	$I (MB1 d) = 0,278+1,040*I (MB1 t)$	<b>0,978</b>
I (MB1 d) et I (MB2 t)	$I (MB1 d) = 1,639+1,408*I (MB2 t)$	<b>0,931</b>
I (MB2 d) et I (MB1 t)	$I (MB2 d) = -0,351+0,652*I (MB1 t)$	<b>0,901</b>
I (MB2 d) et I (MB2 t)	$I (MB2 d) = 0,224+1,028*I (MB2 t)$	<b>0,998</b>
I (MB1 t) et I (MB2 t)	$I (MB1 t) = 1,436+1,287*I (MB2 t)$	<b>0,905</b>

### *Interprétation des équations de corrélations*

La pluparts des équations précédentes montrent l'effet des moissonneuses batteuses et le choix de la variété de blé sur les taux d'impuretés, les casses et les pertes en arrière de chaque machines.



Les coefficients de corrélations de ces équations sont bien représentatifs avec des taux de détermination supérieur à **90%**, donc environ **90%** de la variabilité des taux de pertes, de casses et d'impuretés des grains récoltés peut s'expliquer par la variabilité de la machine utilisée et la sélection ou variété choisie. Les **10%** restant s'explique par les erreurs de mesures et d'essais ou bien le fait de causes mal comprises, facteurs ou causes purement aléatoires.

### **3.5.3 Conclusion**

Au travers de ces observations, il apparaît nettement que les principaux paramètres étudiés sont influencés par le type de la machine choisie, dans notre cas la moissonneuse batteuses **SAMPO SR 2045** et **CLAAS PMA**. Ainsi que la variété de blé utilisée et l'état de la parcelle influe directement sur les taux de pertes, ce qui se répercutera sur les quantités et qualités récoltées.

Afin de compléter notre analyse sur l'effet des moissonneuses batteuses sur la détermination des rendements récoltés sur les deux parcelles, nous nous sommes intéressés à la l'étude des performances instantanées des deux machines sur les deux parcelles et ce qui fera l'objet du prochain chapitre.

## **CHAPITRE 4 : ETUDES DES PERFORMANCES INSTANTANEEES DES DEUX MACHINES**

#### 4.1 Détermination des différents paramètres

Les tableaux 34, 35,36 et 37 nous donnent les résultats de performance des deux machines expérimentées, les différents paramètres obtenus nous permettent une lecture des performances de plusieurs façons .ils sont déterminées de la manière suivante :

1. **Vitesse d'avancement de la machine  $V_a$**  : donnée en **Km/h**, est déterminée en chronométrant le temps de parcours de la distance de **50 m** entre deux jalons.
2. **Débit de la machine  $D$**  : qui représente le travail instantané **q/h**, est obtenu en chronométrant le temps pour un échantillon de grains récoltés au niveau de la vis de remplissage des secs.
3. **Rendement  $R_m$**  : en **q/ha**, est déterminé en fonction de largeur de travail de chaque machine (voir : *Les rendements de la récolte calculées par les moissonneuses batteuses*)
4. **Taux de pertes  $P$**  : le taux de pertes **P** sur une longueur de bâche de **20m** et largeur **3 m** donc sur une surface de **60 m<sup>2</sup>**
5. **Capacité de travail de la machine  $Q$**  : exprimée en **Kg/s**, déterminé par la relation suivante :  $Q=V_a * L_r * R_g *(1+\xi)$  (voir la partie bibliographique)
6. **Taux de casses  $C$** : le taux des grains cassés sur le **5<sup>ème</sup> sac**.
7. **Taux d'impuretés  $I$**  : le taux d'impuretés sur le **5<sup>ème</sup> sac**.

#### 4.2 Cas de la première parcelle Blé tendre

Le tableau 34 et 35 nous reflète les performances instantanées de deux moissonneuses batteuses sur la première parcelle de blé tendre variété Anza.

Pour le calcul de la capacité de travail on à utiliser les largeurs de coupes données au tableau 15 (voir partie présentation des résultats), et pour la vitesse de rotation du batteur est fixé à **800 tr/min** pour les deux machines (cette valeur préconisé par les constructeurs pour la récolte du blé)

Pour le rendement de la parcelle on a utilisé le rendement final **30 q/ha**.

**Tableau 34** : Performances instantanées de la M-B CLAAS PMA sur la parcelle 1.

Va (Km/h)	D (q/h)	Rm (q/ha)	P(%)	C(%)	I(%)	Q (Kg/s)
1.9	33,40	27,43	3,00	2,70	7,33	4,51
2.5	49,50	30,2	1,53	1,76	4,16	5,94
3.4	55,63	33,31	1,28	1,43	3,19	8,08
4.4	66,1	34,6	1,06	1,06	2,03	10,45
5.4	74,23	35,11	1,16	0,18	2,88	12,83
<b>Moyenne</b>	<b>55,77</b>	<b>32,13</b>	<b>1,60</b>	<b>1,42</b>	<b>3,92</b>	<b>8,36</b>

**Tableau 35** : Performances instantanées de la M-B SAMPO SR 2045 sur la parcelle 1.

Va (Km/h)	D (q/h)	Rm (q/ha)	P(%)	C(%)	I(%)	Q (Kg/s)
1.9	35,12	29,6	1,44	1,96	2,99	4,92
2.5	44,96	32,35	1,61	0,97	1,49	6,48
3.4	61,2	34,95	0,60	0,97	1,40	8,81
4.4	70,87	36,66	1,63	1,14	1,25	11,40
5.4	79,5	38,7	2,63	0,09	0,59	14,00
<b>Moyenne</b>	<b>58,33</b>	<b>34,45</b>	<b>1,58</b>	<b>1,02</b>	<b>1,54</b>	<b>9,12</b>

Sur les deux machines et pour le rendement **Rm** qui nous donne une estimation de rendement de l'endroit récolté par la moissonneuse batteuse. Mais les moyenne donnée par les deux machines **32,13 q/ha** pour CLAAS et **34,45 q/ha** pour SAMPO SR 2045 sont supérieur au rendement final de la parcelle **30 q/ha**, cette différence liée à l'hétérogénéité de la parcelle, même la voie de récolte des deux machines sont juste au milieu de la parcelle.

Les deux tableaux nous donnent une idée sur les performances réelles des deux moissonneuse batteuses en fonction des mêmes vitesses d'avancement, les résultats moyennes sont presque identiques pour les deux machines notamment le débit de récolte **Q (Kg/s)** égale à **8.36** pour CLAAS PMA et **9,12** pour SAMPO SR 2045.

#### 4.3 Cas de la deuxième parcelle Blé dur

Le tableau 36 et 37 nous reflète les performances instantanées de deux moissonneuse batteuses sur la deuxième parcelle de blé tendre.

On à utiliser aussi une seul vitesse de rotation du batteur **800tr/min** avec les même réglages donnés au tableau 15 des deux machines sur cette parcelle de blé dur.

**Tableau 36** : Performances instantanés de la M-B CLAAS PMA sur la parcelle 2.

Va (Km/h)	D (q/h)	Rm (q/ha)	P(%)	C(%)	I(%)	Q (Kg/s)
<b>1.9</b>	24,34	18,55	4,13	2,86	7,58	<b>3,04</b>
<b>2.5</b>	38,71	23,54	2,13	2,55	6,48	<b>4,00</b>
<b>3.4</b>	50,29	25,72	3,22	2,86	7,58	<b>5,45</b>
<b>4.4</b>	61,32	28,33	1,43	1,26	2,29	<b>7,05</b>
<b>5.4</b>	67,50	27,93	1,19	0,26	3,04	<b>8,65</b>
<b>Moyenne</b>	<b>47,96</b>	<b>24,81</b>	<b>2,42</b>	<b>1,95</b>	<b>5,39</b>	<b>5,64</b>

**Tableau 37** : Performances instantanés de la M-B SAMPO 2045 sur la parcelle 2.

Va (Km/h)	D (q/h)	Rm (q/ha)	P(%)	C(%)	I(%)	Q (Kg/s)
<b>1.9</b>	25,42	19,3	2,06	1,94	4,57	<b>3,22</b>
<b>2.5</b>	43,8	24,12	1,23	1,34	2,36	<b>4,23</b>
<b>3.4</b>	55,26	29,5	0,87	1,24	1,79	<b>5,76</b>
<b>4.4</b>	60,21	28,22	1,05	0,9	1,48	<b>7,45</b>
<b>5.4</b>	69,98	29,4	0,85	0,14	0,83	<b>9,14</b>
<b>Moyenne</b>	<b>50,93</b>	<b>26,10</b>	<b>1,21</b>	<b>1,11</b>	<b>2,20</b>	<b>5,96</b>

Pour cette deuxième parcelle les deux moissonneuses batteuse nous donnent un rendement légèrement supérieur du rendement réel de la parcelle **20 q/ha**, cette différence liée aussi à l'hétérogénéité de la parcelle.

Au travers de ces résultats des performances, il apparaît nettement que les moissonneuses batteuse possèdent une même capacité de travail. D'ordre de **9 kg/s** sur la première parcelle et de **5 kg/s** sur la deuxième. C'est-à-dire sur les mêmes vitesses d'avancements nous retrouvons des mêmes résultats.

Les résultats des performances instantanées des deux moissonneuses batteuses ne nous donnent pas l'image réelle de travail de chaque machine sur la parcelle, car plusieurs paramètres de la machine et de la parcelle ne sont pas tenue en considération comme l'humidité de la récolte et la largeur et la hauteur de coupe réelle de la machine et le plus important la vitesse de rotation du batteur .

Les débits mesurés sont des débits instantanés qui ne prennent en compte que le temps net de fonctionnement, machine engagée dans la récolte et à pleine coupe. Pour se rapprocher de la pratique, il est nécessaire de tenir compte d'un coefficient de rendement de chantier (**70 à 80 %** selon la taille de la parcelle et les conditions de récolte).

#### 4.5 La mise en andain des deux machines

L'andainage des pailles derrière les moissonneuses batteuses est très important surtout sur les machines qui n'ont pas les broyeurs et épandeurs de ces pailles. La forme de l'andain facilite leur récupération par les presses à paille.

Les machines presse utilisée en Algérie sont de type à bottes parallélépipédique exige une certaine limite pour ramasser l'andain. (Seuil à **1,5 m**). Quand l'andain dépasse cette largeur, leur récupération n'est pas possible avec les ramasseuses presses et les quantités lissées sur les champs considérées comme des pertes en paille pour les agriculteurs éleveurs.

Les dimensions et formations de l'andain sur **05** vitesses des moissonneuses batteuses, les résultats moyens représentées sur le tableau suivant :

**Tableau 38** : Dimensions et formations de l'andain à **05** vitesses différentes.

VITESSE (km/h)	CLAAS PMA				SAMPO SR 2045			
	Parcelle 1		Parcelle 2		Parcelle 1		Parcelle 2	
	Largeur (m)	Hauteur (cm)	Largeur (m)	Hauteur (cm)	Largeur (m)	Hauteur (cm)	Largeur (m)	Hauteur (cm)
<b>1,9</b>	1,50	55	1,60	61	1,35	30	1,25	25
<b>2,5</b>	1,50	48	1,57	55	1,40	20	1,30	35
<b>3,4</b>	1,45	40	1,50	45	1,28	35	1,35	40
<b>4,4</b>	1,47	40	1,51	46	1,30	40	1,32	43
<b>5,4</b>	1,55	49	1,53	42	1,45	38	1,40	40

Les largeurs des andains sur **CLASS PMA** sont comprises entre **1,50** et **1,45 m** avec une moyenne de **1,50 m**, sur les deux parcelles de blé, la même chose pour la hauteur qui varie entre **61** et **40 cm** selon l'état de la récolte nous avons considéré la largeur des andains pareillement constants pour les deux parcelles.

Concernant la moissonneuse batteuse **SAMPO SR 2045**, les résultats de mesure de l'andain sont inférieure au celle de **CLASS PMA**, avec une largeur moyenne de **1,20 m**. pour la hauteur de l'andain varie entre **20** et **35 cm**.

La forme de l'andain pour les deux parcelles, il n'y a pas de différence significative entre les deux machines. On remarque que la hauteur diminue légèrement avec la vitesse d'avancement. Ceci s'explique par la quantité récoltée pendant l'avancement de la machine, et la réaction des secoueurs sur le flux de la paille.

Sur **SAMPO SR 2045** la dimension de l'andain est petite, comme le caisson de secouage presque c'est la même dimension.



**Figure 59 :** La moissonneuse batteuses **SAMPO SR 2045** en plein d'essai.

La taille de caisson de secouage de **CLASS PMA** est supérieure de **SAMPO SR 2045**.



**Figure 60:** La moissonneuse batteuse **CLAAS PMA** en plein d'essai

#### **4.6 Qualité de la paille**

Des prélèvements de paille ont pu être réalisés, tout au long du déroulement des tests, pour mesurer l'influence du mode de battage et de séparation de deux moissonneuses batteuses sur les dimensions des brins de paille.

Les machines ont presque travaillé sur une paille sec et cassante, ainsi que la densité de récolte n'est pas très forte sur les deux parcelles.

Les échantillons de la paille ramassés derrière chaque moissonneuse batteuse **CLAAS PMA** et **SAMPO SR 2045**. On a rangé la paille par leurs tailles puis on a comparé entre deux échantillons des deux machines, on aperçoit bien la variation de la longueur de la paille, la proportion importante de la paille courte sur la moissonneuse batteuse **SAMPO SR 2045**, donc plus de la paille brisé.

En revanche sur la moissonneuse batteuse **CLAAS PMA** on remarque plus de paille longue.



# CONCLUSION GENERALE

Au terme de cette étude des performances des deux de moissonneuses batteuses conventionnelles à 4 secoueurs , d'une moyenne capacité de récolte (moins de **100 q/h**) à la récolte de deux variété de blé dans la région de Mitidja nous pouvons conclure que la plus part des auteurs dénoncent la complexité du problème de pertes en grains pendant la récolte mécanisée des céréales quel que soit le type de la machine, en effet ces auteurs soulignent que la capacité réelle de la moissonneuse batteuse ne pourra être atteinte ,car le pouvoir de séparation grain-paille et le pouvoir de traitement de la menue-paille ,au niveau des organes travaillants de la machine sont étroitement liés à l'épaisseur de la couche de récolte pressée par ses organes .

Cependant la capacité d'une moissonneuse batteuse donnée par leur constructeur dépend essentiellement du rendement total de la parcelle (grains et autre matière que le grain comme la paille, taux du vert ...) de la vitesse d'avancement de la machine néanmoins le facteur rendement est une variable aléatoire d'un point à un autre de la parcelle, entraîne aussi une grande variabilité dans la masse de la récolte passant par les organes de la machine.

Il est nécessaire de préciser que le déroulement de l'expérimentation s'est effectué dans des conditions très favorables sans aucun incident mécanique, nous soulignons que le choix des combinaisons de vitesses de chaque machine a été basé sur la table de recommandation des réglages fournie par les constructeurs (**SAMPO Rosenlow** et **CLAAS**).les vitesses d'avancements sont déterminées en commençant par la vitesse la plus faible ensuite on va dans le sens progressif.

Les principales conclusions auxquelles nous avons abouti et qui restent spécifiques à nos conditions de travail sont les suivantes :

- Les deux machines ont été testées sur deux variétés de blé, (Blé tendre variété ; **Anza** de **30q/ha** et le blé dur variété ; **Chen's** de **22 q/ha**) dans des conditions très difficiles de récolte liées en partie à une paille extrêmement sèche et brisante sous l'épi, conditions difficiles certainement particulières sur la deuxième parcelle avec un taux plus élevé de verse et mauvaises herbes.

- Les deux machines débitent presque une même quantité de travail de **55 q/h** pour **CLAAS PMA** et **58q/h** pour **SAMPO SR 2045** sur la première parcelle de rendement moyen de **30q/ha**.
- Sur la deuxième parcelle de **22q/ha** : la moissonneuse batteuse **SAMPO SR 2045** débite une quantité de **50,9 q/h**, en outre la **CLAAS PMA** avec la même valeur fournit un débit de **47 q/h**.
- Les mêmes réglages sur les deux machines ne donnent pas les mêmes résultats quelque soit la parcelle et spéculation récoltée.
- Le choix de la vitesse d'avancement et la vitesse de rotation du batteur des deux machines influe directement sur les pertes en grains, le taux de casse et le degré de nettoyage. Si la vitesse de rotation du batteur augmente les pertes et les impuretés diminuent mais dans le même temps la casse de grains augmente, alors qu'avec l'augmentation de la vitesse d'avancement, les pertes et les impuretés augmentent et le taux de casse diminue.
- De point de vue qualité de travail, nous remarquons que la moissonneuse batteuse **SAMPO SR 2045** possède une avance considérable sur ces qualités de travail surtout au niveau des pertes en grains, la **CLAAS PMA** dépasse les normes de pertes **1%**.
- Pour la qualité de la paille la moissonneuse batteuse **SAMPO SAR 2045** avec son batteur conventionnelle de **08** battes striées donnera un produit meilleur pour l'utilisation en élevage.

Il convient de noter que cet essai porte uniquement sur la récolte du blé dans la région de la Mitidja sur des parcelles planes, donc ce n'est pas possible d'extrapoler nos résultats sur d'autres situations dans une région différente.

- Les pertes sur la plate-forme de fauchage de la moissonneuse batteuse **SAMPO SR 2045** sont inférieures à celles de la **CLAAS PMA**.

Les essais de notre expérimentation nous ont permis de juger positivement la moissonneuse batteuse **SAMPO SR 2045** nouvellement introduite en Algérie sur la récolte des blés, il est très utile de réaliser plusieurs essais et dans beaucoup de conditions pour mieux maîtriser son fonctionnement et aussi de recueillir l'avis des utilisateurs de machines agricoles et les agriculteurs pour obtenir une première évaluation sur sa fiabilité.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **ANONYME, 1980** : Perfectionnement des moissonneuses batteuses, société française des pétroles, B.P. n° 129.
2. **ANONYME, 1992** : Les moissonneuses batteuses (technologie de la récolte).CEMAGREF.
3. **ANONYME, 2008** : John Deere combines .comparaison des moissonneuses batteuses John Deere 1165 /1175, New Holland TC 55 /TC 57, Massy Fergusson 3640 /5650.Universidade John Deere Monténégro Brésil.
4. **ANONYME, 2010** : Combine Clinic W Series .fiche spécifique d'une moissonneuse batteuse John Deere serie w .pp : 99-150.
5. **ANONYME, 2011[1]** : <http://www.terre-net.fr/machinisme-agricole/guide/5/moissonneuse-batteuse/non-conventionnelles/>(consulté le: 22/07/2011).
6. **ANONYME, 2011[2]**: <http://www.direct-affaires.fr/fr/conseils-materiels-agricoles>.
7. **AGCO ,2011**: Moissonneuse batteuses hybride FENDT série X. 9460X et 9460X AL. Brochure technique .12p.
8. **AMOUR H. et YAHIAOUI O., 1997** : Estimation des pertes en grains à la récolte dans une région céréalière en Algérie (cas d'EL KHAROUB, Constantine), mém., ing.Agr. ENSA., EL Harrach.98p.
9. **ATTOUCHI M. S., 2009** : président directeur général de PMA, entretien express avec Green Algérie .14/05/2009.
10. **ARFA Y., 2006** : Moissonneuse batteuse conventionnelle ou non conventionnelle ? le M A G, culture N 14, Avril 2006. 30p.
11. **ARNOLD R. E., 1964**: Experiments with rasp bar threshing drums I: some factors affecting performance.
12. **BARATHELEMY P.,1985** : Récolter avec une machine bien réglée.revue le producteur agricole n° 373.
13. **BARUAH D.C. ET PANESAR B.S., 2004**: Energy Requirement Model for a Combine Harvester, Part I: Development of Component Models. Science direct.
14. **BENAZA M., 2010** : Directrice générale de CMA, entretien avec EL Watan économique du 12/03/2010.
15. **BENMOHAMED N., 2010** : La mécanisation agricole dans le monde arabe. Situation actuelle de la mécanisation des petites exploitations agricoles. ANAFID, Maroc. 33 p.
16. **BERRY P.M., STERLING M., SPINK J.H., BAKER C.J., SYLVESTER, 2004**: Understanding and reducing lodging in cereals. Advances in Agronomy 84, pp: 217-271.
17. **BONAVENTURE M., 2011** : [www.grosstracteurpassion.com/](http://www.grosstracteurpassion.com/). (consulté le : 13/01/2011).
18. **BOULAL H., ZAGHOUANE O., EL MOURID M. et REZGUI S., 2007** : Guide de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie), pp : 162-168.
19. **BOILLET P., 1999** : Moissonneuses batteuses 10 ans d'innovations ! Perspectives Agricoles - n°242 - janvier 1999.
20. **BOULDJEDRI M., 1998** : Contribution à l'étude des pertes en grains cas d'une récolte mécanisée de céréales avec une moissonneuse batteuse Axial Flow 1660 dans les zones sahariennes. Thèse. Magister. ENSA., El-Harrach .120p.

21. **BOUZRARI B., 2010** : Pertes à la récolte, méthode rapide d'estimation des pertes en grains. Agriculture du Maghreb n°45 Juillet/Août 2010.
22. **BOUTAHAR K., BOURARACH. el. H et AUBINEAU. M., 1994** : Comparaison de trois méthodes d'estimation du rendement d'une parcelle en céréales .société des travaux agricoles marocains.54p.
23. **BOYCE B.H., 1974**: The separation characteristics of a combine harvester and a comparison of straw walker performance. Journal of agricultural engineering research .pp: 77-84.
24. **BRIFFAUX G., 1987** : La démarche expérimentale, de l'écriture du protocole à l'exploitation des résultats. ITCF.
25. **C.A .G. 2010** : Chambre d'Agriculture du Gers 2010, France /web :(consulté le : 20/07/2010).
26. **CASE IH, 2011**:www.caseih.com/france.
27. **CNH, 2011**: Case new Holland corporation .www.CNH.com (consulté le: 21/07/2011).
28. **CCLS, 2011** : Les prix de location des moissonneuses- batteuses coopérative des céréales et légumes secs.
29. **CMT, 2008** : **FL 912** moteurs diesel refroidis à air sous licence DEUTZ puissance de 24 à 110 cv divers utilisations.
30. **CNIAG,2001** :Fiches des rendements des parcelles 2002-2011.
31. **CNIS, 2011**:Centre national d 'informatique et des statistiques des douanes algériennes .
32. **COUVREUR G., 2007** : Investir dans l'intelligence .Agriculture du Maghreb n°24.Edito.pp3-4.
33. **CLAAS ,1990** : Moissonneuse batteuses CLAAS DOMINATOR. livre d'entretien.
34. **CLAAS, 2002** : Livre d'entretien de CLAAS COMANDOR.
35. **CLAAS, 2011**:www.claas.com site officiel CLAAS corporation .LEXION 580. (consulté le: 04/03/2011).
36. **CLAASVISION, 2011** : Le magazine n°26, destiné aux spécialistes de la récolte.24p.
37. **CUMA, 2010** : Moissonneuse- batteuse CASE IH, série Axial Flow 2300.l'observatoire qualitatif des matériels agricoles.
38. **CUMA ,2011** : Comparatif moissonneuse batteuse axial / conventionnelle.
39. **DETRAUX R .et OESTGES O.,1979**: La mécanisation des travaux agricoles :la presse agronomique de Gembloux .
40. **DJERBIB F., 1988** : Influence des réglages des organes de battage de la moissonneuse batteuse sur les taux de casses des grains de céréales, mém. ing. Agr. ENSA., El Harrach.112p.
41. **ELLIOT J., 1984**: My be costing you money .revue: arable farming. pp: 33-36.
42. **ETSOURI K., 1985** : Étude de la détection des pertes de grains dans la moissonneuse batteuse par voie électronique .Thèse. Magistère. ENSA., El Harrach.115p.
43. **EQUIPAG, 2008** : [http://www.sgpequipag.dz/presentation\\_pmat.htm](http://www.sgpequipag.dz/presentation_pmat.htm). (consulté le: 21/08/2011).
44. **FAO ,2011**: <http://www.fao.org/docrep/004/ac301f/AC301f04.htm> ( consulté le : 09/07/2011).
45. **FEUILLOLEY P., 1980** : Sensibilité des grains à la casse et en particulier du maïs grain .CNEEMA N°270.
46. **FRENZEL D., 1967** : Influss des drech werkinstellung auf die.verluste mähdrescher .deutsche agrartéchnic 17 Jg heft 7.[influence de vitesse de rotation du batteur sur les pertes des moissonneuses batteuses].
47. **GATE P., CROSSON P. et LEHE D., 1996** : Céréales, Peut-on déterminer et prévoir le risque de verse ? .ITCF.
48. **GUINNESS, 2011** : Guinness des records ; <http://www.guinnessworldrecords.com/> Combine Harvester Claas /LEXION 580. (consulté le : 12/11/2011).

49. **HARPER R. W., 1991:** Agricultural engineering department university .Illinois.
50. **HUISMAN W., 1983:** Optimum cereal combine harvester operation by men's of automatic machine and threshing speed control. These. Doctorat. (Wageningen Pays Bas).
51. **HUGO E., CLAVAL P., ARCONTE U. et DUFIMIER D., 2002 :** Fiches sécurité : machine agricoles et forestières .fonctions –conception-utilisation. CEMAGREF .pp : 112-113.
52. **HUNT D., 1995:** Farm Power and machinery management, Tenth edition Blackweh Publishing.890p.
53. **INNS F.M., 1995:** Sélection, essai et évaluation de machines et équipements agricoles, théorie, Bulletin des services agricole de la FAO N°115, Rome 1995.pp :109-138.
54. **ITGC ., 2007 :** Fiche valorisée des céréales ordinaires **ITGC** .El Harrach .Alger.
55. **JOHN DEERE ,1999 :** Livre d'entretien des moissonneuses batteuses 6300,7500 et 7500 Hydro. John Deere Monténégro, Brésil, pp : 30-50.
56. **JOHN DEERE 2010[1]:** John Deere 9000i WTS combines, Intelligent Harvesting Technology.
57. **JOHN DEERE 2010 [2]:** John Deere Combine Clinic W – Series.222p.
58. **JOHN DEERE, 2011:** [www.johndeere.com/moissonneuse batteuse](http://www.johndeere.com/moissonneuse_batteuse) .(consulté le 20/05/2011).
59. **KACI F., 1983 :** Optimisation de la récolte des céréales avec la moissonneuse batteuse cas de la récolte en vrac et en sac. Thèse. Magister. ENSA., El Harrach.
60. **KACI F. ,1990 :** La récolte en vrac des céréales en Algérie .Ann. ENSA., Harrach, 1990, vol 14, N° 1-2 .pp :73-91.
61. **KACI F., 2007 :** Étude des pertes en grains sur les moissonneuses batteuses en Algérie .Thèse .Doctorat. ENSA., El Harrach.124p.
62. **KACI F., 2008 :** Détermination du coût d'utilisation des moissonneuses batteuses. Terre & Vie, N°106, Août 2008.
63. **KAMINSKI E., KESRAOUI H. et ADJROUDI R., 1985 :** Théorie de la similitude et de l'analyse dimensionnelle, dans l'expérimentation dans le machinisme agricole méthodologie des essais à l'usage des postes graduant.
64. **KANAFOJSKI C.Z. et KAROWSKI T., 1972 :** Théorie et construction des machines agricoles .Edition : P W R L - VARSOVIE.
65. **KANAFOJSKI C.Z., 1980 :** Théorie et construction des machines agricole .tome III. Edition PWRL. Varsovie(Pologne).
66. **KHAYAR M. O., AMARA M. et HARRAD F., 2007 :** La mécanisation de la céréaliculture algérienne ; constat et perspective. Annales de l'institut national agronomique .El -Harrach. Vol .28 N°1 et 2.
67. **KLAUS S. ,2007 :** Moissonneuse batteuse .technique agricole, Revue UFA 3,2007.
68. **KLINNER W. E.,1997:** Reducing field losses in grain harvesting operation .agricultural engineering research .pp: 23-27.
69. **KUMHÁLA F., KVÍZ Z., MAŠEK J., PROCHÁZKA P., 2005:** The measurement of plant residues distribution quality after harvest by conventional and axial combine harvesters. PLANT SOIL ENVIRON., 51, 2005. (6).pp : 249–254.
70. **LAABASSI K. ,2010 :** Étude de conception d'un mécanisme d'adaptation destiné à l'amélioration technique du fonctionnement du tablier de coupe des moissonneuses batteuses. Thèse .Magister. ENSA., El Harrach.133p.
71. **LAJOUX P., 1995 :** Le point sur les moissonneuses batteuses, réglage pour ne rien perdre. ITCF. pp : 13-14.

72. LAJOUX P., LECLERCQ J.B., BILLOT J.F., PASCAL B. et GUISCAFRE P., 1999 : Conditions difficiles de récolte .Cinq moissonneuses batteuses. Comparatif ITCF.
73. LECLERCQ J.B. et LAJOUX P., 1997 :L'Elektra TF 78 de New Holland .fiche technique, ITCF.
74. LECLERCQ J.B., 2009 : Les nouveautés présentes à Mécacéréales 22/06/2009. Moisson : Conventionnelles ou non, toutes les machines à hautes performances pour les groupes seront sur champ.
75. LERAT P., 1999 : Les machines agricole . Vol.1 :moissonneuse-batteuse, Lavoisier- Paris .350p.
76. LERAT P., 2009 : Les machines agricoles. Vol. II : moissonneuse-batteuse, Lavoisier - Paris .pp : 335-360.
77. MADR ,2006 : L'agriculture dans l'économie nationale, ministère de l'agriculture. 15p.
78. MADR, 2011 : Statistique agricoles série B 2010, ministère de l'agriculture.
79. MAMMERI A.K., 2010 : Sidi Bel Abbès : Coopération entre le CMA et la société finlandaise SAMPO.El Watan économique du 13/03/2010.
80. MEDJAHDI M., 2008 : Fabrication de matériels agricoles. La tribune Journal 14-07-2008.
81. MIROUX P., 2007 : Moissonneuses-batteuses, Les non conventionnelles séduisent par leur potentiel .réussir grandes cultures. Article ref : 34678
82. MURIEL R. et PIERRE M., 1996 : Humidité du grain à la récolte Des variations à connaître, ITCF.
83. NEW HOLLAND 2011: [www.newholland.com](http://www.newholland.com). site officiel (consulté le : 12/03/2011).
84. NORDLUND V., SUONTAUSTA J., SEPPÄLÄ S. et DÖFNÄS K., 2007: SAMPO 1957. 2007: 50 years of Finnish combine harvester manufacture. Half a Century of Combine Manufacture in Pori, Finland.15p.
85. NYBORG. E.O., 1964: A test procedure for determining combines capacity. Canadian Agricultural Engineering.
86. NYBORG. E.O. and al., 1969: Grain combine loss characteristics. Transaction of the A.S.A.E. 12 (6) .pp:727-732.
87. ONS, 2008 : Office National des Statistiques. [www.ons.dz](http://www.ons.dz).
88. OUMBICHE M., 1989 : Méthode de détermination de la force nécessaire pour détachement des grains de l'épi .mém . ing. Agr. ENSA., El Harrach.105p.
89. PAMI, 2010 : Prairie Agricultural Machinery Institue.[http://www.pami.ca/mechanical\\_testing.htm](http://www.pami.ca/mechanical_testing.htm). (consulté le :12/11/2010).
90. PMat, 2010 : Moissonneuse Batteuse PMA, brochure technique.
91. PREECE D. C., 2010 : Comparaison de deux moissonneuses batteuse John Deere T550 à 5 secoueurs et CLASS LEXION 540 à 6 secoueurs .John Deere UK LTD.
92. REED L. HOSKINSON J. RICHARD H., 2004: A Single Pass Multi-Component Harvester for Small Grains. Agricultural Equipment Technology Conference. INNEL.
93. REED W. B. et al., 1970:Aalboratory study of grain-straw separation ASAE paper N°70-604.
94. RUIZ A. 1983 :Cosechados de grano.Agricultura 5E. n°612 .pp: 497-502.
95. SAHLI H., 2011 : L'Algérie à donner l'accord d'annulation de 150 million de dollars des dettes iraquienne. journal d'El Khabar du 7 juillet 2011.
96. SAMPO, 2010 : Moissonneuse batteuse 2035, 2045, 2065 et 2085 .manuel d'utilisation.
97. SHEPPARD B.W., RICHARDS M.E. ET PASCAL J.A., 1985: Effects from the control of an agropyron ripens in cereal crops by the pre-gravest application of glyphosate weed.

98. **SMITH, D.W., SIMS, B.G., et O'NEILL, D.H. ,1998** : Essai et évaluation des équipements et machines agricoles: principes et application. Bulletin des services agricole de la FAO N°110, Rome 1998 .pp: 280-289.
99. **SISU, 2011**: SISU power AGCO 3rd Generation Series .4-Cylinder Diesel Engine. pp: 12-13.
- 100.**TAHIR A.A., UL HAQ KHAN F.et EJAZ K., 1999**: Techno-Economic Feasibility of Combine Harvester (Claas Denominator) – A Case Study. Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Agriculture, Faisalabad – 38040, Pakistan.
- 101.**TAHRI M.1985** : Influence de réglage des organes de battage sur pertes de grains et la qualité de travail cas de la moissonneuse-batteuse (**CLAAS PMA**), ém . ing.Agr. ENSA.,El Harrach.130p.
- 102.**TERRA O., 2010** : Green Algérie N 22 ,14 Octobre 2010.pp:26-27.
- 103.**TEEJET, 2011** : <http://www.teejet.com/french/> .indicateurs de perte de grains. Moniteurs et indicateurs de perte de grains.(consulté le:03/04/2011).
- 104.**VAS F. M. ET HARRISON H.P., 1969**: The effete of selected mechanical threshing parameters on kernel damage a threshebility of wheat .Revue: Canadian agricultural engineering N° 11, pp: 83-87.
- 105.**VINCENT B, 2008** : New Holland CR9090 Elévation – la moissonneuse-batteuse la plus performante au monde 2008, communiqué de presse 24 Juillet 2008.
- 106.**VLADUT V., 2007**: Studies and researches regarding the present stage of harvesters with an axial thresher on a world level, Dipl. Eng, INMA Bucharest .8p.
- 107.**VLADUT V., 2009**: Development trends in cereal harvesting, Dipl. Eng., INMA Bucharest.
- 108.**WACKER P., 1988**: Vergleich von axial and tangential dresch systems in gestreide .Landtechnik . pp: 264-266.
- 109.**WEHRSPANN J., 1999**: Farm Industry New .Show me the rotaries. Prairie Agricultural Machinery Institute ,Canada.
- 110.**W.R. Nave et L.M. Wax ,1994** : United states, Département of agriculture .Urbana III.
- 111.**WRUBLESKI P.D. ET SMITH L. G., 1980**: Separation characteristics of transactions of the ASAE 23 .pp: 530-535.



# **ANNEXES**

### Annexe 1 : Rendement de la culture(Re).

$$Re = \frac{(Gi + Pni)}{A} \text{ (g/m}^2\text{)}$$

**Gi** : poids des grains des différents échantillons égrenés (g).

**Pni** : poids des grains récupérés au sol (g).

**A** : surface d'un échantillon 1 m<sup>2</sup>.

Échantillon	Parcelle 1 (blé tendre : Anza)		Parcelle 2 (blé dur : Chen's)	
	Gi (g/m <sup>2</sup> )	Pni (g/m <sup>2</sup> )	Gi (g/m <sup>2</sup> )	Pni (g/m <sup>2</sup> )
1	315	12	280,1	24
2	310	15	250,7	11
3	321	32	320,4	18
4	340	17	390,5	21
5	355	10	200,9	20
6	280	4	190	40
7	385	15	180,1	36
8	375	30	160,7	13
9	320	11	200,8	15
10	377	25	220,3	14
<b>MOYENNE</b>	<b>337,8</b>	<b>17,1</b>	<b>239,45</b>	<b>21,2</b>
<b>Moyenne globale G/M<sup>2</sup></b>	<b>354,9</b>		<b>260,65</b>	
<b>Moyenne globale q/ha</b>	<b>35,49</b>		<b>26,06</b>	

### Annexe 2 : Hauteur moyenne des tiges (cm).

$$H = \frac{\sum_{i=1}^{n=20} L}{n} \text{ (cm)}$$

**L** : hauteurs des tiges (cm).

**H** : hauteur moyenne des tiges (cm).

#### Parcelle 1 : blé tendre (variété Anza)

Tige N°	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8	E 9	E 10
1	70,6	60	52,5	56	63,5	65	49,8	65	49,6	55
2	55,8	52	53	60,8	58	58	49,6	58,4	49,7	56,7
3	65	54,7	49	49,5	53	60	48,5	65	49,4	51,5
4	49	73,6	49,5	65	49	53,5	50,9	58,7	55	56
5	47,7	62,6	49	58	55,8	47,5	53,5	55	45,8	57
6	58	45,8	47,7	55	45	43	60	40,5	57	53,5
7	67	49,7	58	40,5	57,6	53,5	51,5	41	65	47
8	73	69,7	66	41	65	47,7	56,7	46	55,5	45
9	60	52,5	52,7	46	55,5	45,7	57,8	48,7	56,5	44,5
10	55,6	53,8	72,4	48	56,5	44,5	58	55	67	50,8
11	65	49,6	70	52,5	40,5	34,5	60,8	53,5	77,8	46
12	64,4	49,5	56,8	53,9	41,8	57,7	67,7	47,5	66,4	48,7
13	62,5	65,6	60	49	46,7	73,6	77	43	69	49,8
14	53,2	58,6	59,3	49,5	48	64,6	50	55	70,6	55,2
15	54,6	55,6	48,7	65	49	46,5	51,5	55,5	46,5	69,5
16	58,6	54,5	50,5	58,6	49,5	56,8	54,5	53	41,7	57
17	46	47,5	53	53,7	65	57,7	60,8	67,9	57	56,5
18	60,4	44,6	56,6	49,6	49,6	56,6	67,7	47,5	53	53
19	49,5	70,4	65,6	49,5	49,5	56,5	77,8	55	77,8	60,7
20	67,7	68	48,6	56,7	66,6	40	50,9	56,4	66,8	61,8
<b>Moyenne (cm)</b>	<b>59,18</b>	<b>56,915</b>	<b>55,945</b>	<b>52,89</b>	<b>53,255</b>	<b>53,145</b>	<b>57,75</b>	<b>53,38</b>	<b>58,855</b>	<b>53,76</b>
<b>MOYENNE</b>	<b>55,50 cm</b>									

**Parcelle 2 : blé dur (variété Chen's)**

Tige N°	E 1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
1	67,7	72,5	68,5	66	67	60	74	70	58	66
2	66,4	74,8	70,3	75	60	64,5	71,5	61,9	56	65,5
3	68,3	71,5	61,5	66,6	65	66	71,5	65,8	67	64
4	67,5	67,7	59,6	64	71	65,5	67	59,6	65	71,5
5	70,1	67,6	58,6	55	72,5	64	67	58,9	75	63
6	70,8	60,5	66,3	56,4	75	71,5	60,7	66,5	61,8	66
7	60,9	65,6	62,6	67,7	77,8	59	61,6	60,8	59	64,5
8	64,5	71,8	72,7	68,7	65,5	64	73,8	58,7	65,5	73
9	66,7	72,5	73	72,8	64	66	74	66,9	64	74,9
10	65,5	75,6	75,5	59,5	71,5	74,7	70,7	75,7	71,5	75
11	64,9	77,8	49	60,7	63,9	71,5	61	66,7	63	69,3
12	71,5	65,5	59	61,5	60,8	67,1	59	64,6	60	69,5
13	63,8	66,8	64,6	73,8	58,8	67,4	58	55,8	66	65,8
14	60,1	65,5	66	74,6	66	65,5	64,1	77,9	64,8	71,9
15	58,1	66,7	65,5	77,6	64,5	64	71,5	65,5	55	72,5
16	72,9	65,5	73	65,5	55,4	71,5	63,2	66,9	56,5	75,8
17	66,5	64,8	74	74,8	56,7	63	60,6	65,5	67,7	77
18	65,7	71,5	75	65,7	67,9	60,5	58,8	66,7	68	65,5
19	75,7	63,8	69	61,7	68,8	58	72,8	65,5	72	64
20	63,8	60,8	69,5	72,8	72	58,5	66,5	64	59,5	71,5
<b>Moyenne (cm)</b>	66,57	68,44	66,66	67,02	66,205	65,11	66,365	65,195	63,765	69,31
<b>MOYENNE</b>										

**Annexe 3 : Taux d'humidité des grains (HG).**

$$HG = \frac{Ph - Ps}{Ph} \cdot 100$$

**Ph** : poids des grains humides (g).  
**Ps** : poids sec des grains après passage à l'étuve (g).  
**HG** : humidité du grain

Échantillon	Parcelle 1 blé tendre			Parcelle 2 blé dur		
	PH	PS	HG %	PH	PS	HG %
1	100	87,6	12,4	100	86,6	13,4
2	100	86,6	13,4	100	87,01	12,99
3	100	86,03	13,97	100	87,68	12,32
4	100	87,2	12,8	100	87,54	12,46
5	100	87,6	12,4	100	87,2	12,8
6	100	87,01	12,99	100	88,05	11,95
7	100	86,5	13,5	100	87,6	12,4
8	100	86,4	13,6	100	87,99	12,01
9	100	87,02	12,98	100	87,7	12,3
10	100	87	13	100	88,02	11,98
<b>MOYENNE</b>	-	-	<b>13,15</b>	-	-	<b>12,46</b>

#### Annexe 4 : Taux d'humidité de la paille (HP)

$$HP = \frac{Ph' - Ps'}{Ph'} \cdot 100$$

$Ph'$  : poids de la paille humide (g).

$Ps'$  : poids sec de la paille après passage à l'étuve (g).

Échantillon	Parcelle 1 blé tendre			Parcelle 2 blé dur		
	PH'	PS'	HP %	PH'	PS'	HP %
1	100	86,7	13,3	100	88,3	11,7
2	100	86,5	13,5	100	88,84	11,16
3	100	88,02	11,98	100	88,37	11,63
4	100	87,6	12,4	100	89,05	10,95
5	100	87,7	12,3	100	89	11
6	100	87,5	12,5	100	88,2	11,8
7	100	87,6	12,4	100	88,95	11,05
8	100	86,5	13,5	100	88,85	11,15
9	100	86,7	13,3	100	88,4	11,6
10	100	86,8	13,2	100	88,1	11,9
<b>MOYENNE</b>	-	-	<b>12,838</b>	-	-	<b>11,394</b>

#### Annexe 5 : Rapport massique paille/grain (S)

$$S = \frac{Ppi}{Pgi}$$

$Ppi$  : poids de la paille de l'échantillon (g).

$Pgi$  : poids des grains de l'échantillon (g).

Échantillon	Parcelle 1 blé tendre			Parcelle 2 blé dur		
	Pp (g)	Pg(g)	S	Pp (g)	Pg(g)	S
1	405	317	1,27	420	390	1,07
2	330	310	1,06	335	330	1,01
3	410	360	1,13	394	370	1,06
4	450	340	1,32	455	390	1,16
5	380	265	1,43	500	455	1,09
6	390	321	1,21	450	415	1,08
7	500	380	1,31	370	310	1,19
8	450	360	1,25	320	310	1,03
9	410	350	1,17	349	330	1,05
10	378	280	1,35	480	450	1,06
<b>MOYENNE</b>	-	-	<b>1,25</b>	-	-	<b>1,08</b>

### Annexe 6 : Pourcentage du vert à l'hectare (VP)

$$Qvm = \frac{Pv}{A} \text{ (g/ m}^2\text{)}$$

*Pv* : quantité de vert d'un échantillon (g).

*A* : superficie de l'échantillon (m<sup>2</sup>)

*Qvm*: qualité moyenne des verts (g/m<sup>2</sup>)

$$VP = \frac{Qvm}{RE.S} 100 \text{ (\%)}$$

*RE* : rendement moyen (g/m<sup>2</sup>).

*S* : rapport massique paille-grain.

Parcelle 1 blé tendre					Parcelle 2 blé dur			
Échantillons	Qvm g/m <sup>2</sup>	RE g/m <sup>2</sup>	S	VP %	Qvm g/m <sup>2</sup>	RE g/m <sup>2</sup>	S	VP %
1	11,4	327	1,27	4,42	30,6	304,1	1,07	10,76
2	10,6	325	1,06	3,45	42,2	261,7	1,01	16,28
3	38,3	353	1,13	12,26	18,6	338,4	1,06	5,82
4	9,4	357	1,32	3,47	20,5	411,5	1,16	5,77
5	32,1	365	1,43	12,57	28	220,9	1,09	13,81
6	11,9	284	1,21	5,07	25,7	230	1,08	12,06
7	17,5	400	1,31	5,73	50,2	216,1	1,19	27,64
8	25,4	405	1,25	7,83	19,5	173,7	1,03	11,56
9	23,2	331	1,17	8,20	15,4	215,8	1,05	7,49
10	19,5	402	1,35	6,54	10,5	234,3	1,06	4,75
<b>MOYENNE</b>	<b>19,93</b>	<b>354,9</b>	<b>1,25</b>	<b>7,01</b>	<b>26,12</b>	<b>260,65</b>	<b>1,08</b>	<b>10,82</b>

### Annexe 7 : Largeur de coupe réelle (m) et Hauteur de coupe réelle (cm).

Parcelle 1	CLAAS PMA		SAMPO SR 2045		
	les passages N	Hauteur de coupe réelle (cm)	Largeur de coupe réelle (m)	Hauteur de coupe réelle (cm)	Largeur de coupe réelle (m)
1		17,6	3,3	13,5	3,9
2		19,5	3,3	13,7	3,7
3		17,6	3,3	13,1	2,9
4		16,7	3,3	11,6	3,7
5		20,8	3,4	13,6	3,8
<b>moyenne globale</b>		<b>18,4</b>	<b>3,3</b>	<b>13,1</b>	<b>3,6</b>

Parcelle 2	CLAAS PMA		SAMPO SR 2045		
	les passages N	Hauteur de coupe réelle (cm)	Largeur de coupe réelle (m)	Hauteur de coupe réelle (cm)	Largeur de coupe réelle (m)
1		17,6	3,3	13,5	3,9
		14,9	3,7	15,4	3,8
2		17,3	3,5	14,5	3,8
3		14,7	3,4	12,2	3,5
4		14,9	3,6	14,6	3,8
5		14,8	3,4	14,6	3,7
<b>moyenne globale</b>		<b>15,3</b>	<b>3,5</b>	<b>14,3</b>	<b>3,7</b>

**Annexe 8 : Pertes aux tabliers de coupe des deux machines.**

		Parcelle 1 de blé tendre		Parcelle 2 de blé dur	
Vitesse d'avancement (Km/h) ou (m/s)	Échantillons	CLAAS PMA	SAMPO SR 2045	CLAAS PMA	SAMPO SR 2045
1,9 0,53	1	56	58	65	78
	2	62	50	88	67
	3	75	49	98	80
	4	81	60	63	62
	5	40	42	65	56
moyenne		<b>62,8</b>	<b>51,8</b>	<b>75,8</b>	<b>68,6</b>
2,5 0,69	1	52	47	66	82
	2	50	42	62	70
	3	35	35	40	75
	4	47	49	33	45
	5	56	50	100	66
moyenne		<b>48</b>	<b>44,6</b>	<b>60,2</b>	<b>67,6</b>
3,4 0,94	1	22	28	36	45
	2	12	39	30	20
	3	46	16	45	34
	4	55	40	42	49
	5	36	20	50	18
moyenne		<b>34,2</b>	<b>28,6</b>	<b>40,6</b>	<b>33,2</b>
4,4 1,22	1	11	21	33	26
	2	26	9	14	21
	3	23	15	15	34
	4	20	34	60	44
	5	34	26	23	19
moyenne		<b>22,8</b>	<b>21</b>	<b>29</b>	<b>28,8</b>
5,4 1,5	1	25	45	8	13
	2	15	31	40	25
	3	17	21	43	28
	4	22	8	57	41
	5	39	27	39	12
moyenne		<b>23,6</b>	<b>26,4</b>	<b>37,4</b>	<b>23,8</b>

**Annexe 9 : Les résultats des paramètres étudié pour la moissonneuse batteuse CLAAS PMA sur la parcelle 1 (blé tendre)**

	Vitesse d'avancement	Vitesse de rotation batteur	Numéro	Pertes %	Casses %	Impuretés %
V1	Va 1	Vb1	1	3,2	2,04	8,3
	Va 1	Vb1	2	3,25	2,1	8,15
	Va 1	Vb1	3	3,12	2,02	8,1
	Va 1	Vb1	4	3,07	1,9	8,21
	Va 1	Vb1	5	3,3	1,96	8,08
	<b>MOYENNE</b>			<b>3,188</b>	<b>1,896</b>	<b>8,054</b>
V2	Va 1	Vb2	1	2,95	3,5	6,7
	Va 1	Vb2	2	2,85	3,63	6,68
	Va 1	Vb2	3	2,72	3,45	6,45
	Va 1	Vb2	4	2,75	3,53	6,56
	Va 1	Vb2	5	2,8	3,5	6,73
	<b>MOYENNE</b>			<b>2,814</b>	<b>3,522</b>	<b>6,624</b>
	Va 2	Vb2	1	2,1	2,07	5,45
	Va 2	Vb2	2	2,02	2,01	5,35
V3	Va 2	Vb2	3	1,95	2,05	5,37
	Va 2	Vb2	4	1,91	2,09	5,27
	Va 2	Vb2	5	1,94	2	5,32
	<b>MOYENNE</b>			<b>1,984</b>	<b>2,044</b>	<b>5,352</b>
V4	Va 2	Vb3	1	1,5	1,94	4,99
	Va 2	Vb3	2	1,51	1,89	4,95
	Va 2	Vb3	3	1,59	1,84	5
	Va 2	Vb3	4	1,69	1,9	4,96
	Va 2	Vb3	5	1,52	1,91	4,98
	<b>MOYENNE</b>			<b>1,562</b>	<b>1,896</b>	<b>4,976</b>
V5	Va3	Vb3	1	1,53	1,57	3,57
	Va3	Vb3	2	1,49	1,64	3,3
	Va3	Vb3	3	1,45	1,62	3,47
	Va3	Vb3	4	1,52	1,66	3,1
	Va3	Vb3	5	1,51	1,67	3,35
	<b>MOYENNE</b>			<b>1,5</b>	<b>1,632</b>	<b>3,358</b>
V6	Va3	Vb4	1	1,7	1,25	3,3
	Va3	Vb4	2	0,95	1,26	3
	Va3	Vb4	3	0,91	1,21	2,98
	Va3	Vb4	4	0,88	1,2	2,91
	Va3	Vb4	5	0,86	1,24	2,94
	<b>MOYENNE</b>			<b>1,06</b>	<b>1,232</b>	<b>3,026</b>
V7	V4	Vb4	1	1,05	0,95	2,25
	V4	Vb4	2	1,02	0,99	2,28
	V4	Vb4	3	1,07	1,01	2,19
	V4	Vb4	4	1,01	1,93	2,2
	V4	Vb4	5	1,04	1,9	2,26
	<b>MOYENNE</b>			<b>1,038</b>	<b>1,356</b>	<b>2,236</b>
V8	V4	Vb5	1	1,1	0,8	1,84
	V4	Vb5	2	1,14	0,75	1,83
	V4	Vb5	3	1,15	0,74	1,9
	V4	Vb5	4	1,09	0,75	1,81
	V4	Vb5	5	1,02	0,78	1,8
	<b>MOYENNE</b>			<b>1,1</b>	<b>0,764</b>	<b>1,836</b>
V9	V5	Vb5	1	1,01	0,25	2,89
	V5	Vb5	2	1,24	0,21	2,85
	V5	Vb5	3	1,09	0,28	2,89
	V5	Vb5	4	1,26	0,24	2,91
	V5	Vb5	5	1,2	0,25	2,87
	<b>MOYENNE</b>			<b>1,16</b>	<b>0,246</b>	<b>2,882</b>
V10	V5	Vb6	1	1,02	0,11	2,88
	V5	Vb6	2	1,19	0,09	2,9
	V5	Vb6	3	1,21	0,11	2,79
	V5	Vb6	4	1,24	0,15	2,96
	V5	Vb6	5	1,22	0,13	2,92
	<b>MOYENNE</b>			<b>1,176</b>	<b>0,118</b>	<b>2,89</b>

**Annexe 10 : Les résultats des paramètres étudiés pour la moissonneuse batteuse SAMPO SR 2045 sur la parcelle 1 (blé tendre)**

	Vitesse d'avancement	Vitesse de rotation batteur	Numéro	Pertes %	Casses %	Impuretés %
V1	Va 1	Vb1	1	2,78	1	4
	Va 1	Vb1	2	2,2	1,15	6,1
	Va 1	Vb1	3	1,67	1,16	4,7
	Va 1	Vb1	4	1,98	1,24	4,95
	Va 1	Vb1	5	1,7	0,88	4,5
	MOYENNE			<b>2,066</b>	<b>1,086</b>	<b>4,85</b>
V2	Va 1	Vb2	1	1,98	2,09	3,89
	Va 1	Vb2	2	1,8	2	3,65
	Va 1	Vb2	3	1,55	2,05	3,5
	Va 1	Vb2	4	1,65	2,24	3,66
	Va 1	Vb2	5	1	2,16	3,78
	MOYENNE			<b>1,596</b>	<b>2,108</b>	<b>3,696</b>
V3	Va 2	Vb2	1	1	1,85	2,6
	Va 2	Vb2	2	1,58	2	2,26
	Va 2	Vb2	3	1,4	2,32	2,06
	Va 2	Vb2	4	1,5	1,34	2,31
	Va 2	Vb2	5	1	1,6	2,23
	MOYENNE			<b>1,296</b>	<b>1,822</b>	<b>2,292</b>
V4	Va 2	Vb3	1	1,03	1,19	2,4
	Va 2	Vb3	2	0,5	1,26	1,4
	Va 2	Vb3	3	0,56	1,24	1,2
	Va 2	Vb3	4	1	1,35	1,45
	Va 2	Vb3	5	0,95	1,02	2,4
	MOYENNE			<b>0,808</b>	<b>1,212</b>	<b>1,77</b>
V5	Va3	Vb3	1	0,9	1,11	1,79
	Va3	Vb3	2	0,67	1,19	1,75
	Va3	Vb3	3	0,48	1,16	1,75
	Va3	Vb3	4	0,9	1,14	1,54
	Va3	Vb3	5	0,45	1,15	1
	MOYENNE			<b>0,68</b>	<b>1,15</b>	<b>1,566</b>
V6	Va3	Vb4	1	0,69	0,96	1,3
	Va3	Vb4	2	0,55	0,65	1
	Va3	Vb4	3	0,34	0,96	1,46
	Va3	Vb4	4	0,62	0,42	1,9
	Va3	Vb4	5	0,56	1,01	1,5
	MOYENNE			<b>0,552</b>	<b>0,8</b>	<b>1,432</b>
V7	V4	Vb4	1	0,98	1,15	1,6
	V4	Vb4	2	0,95	1,13	1,54
	V4	Vb4	3	0,4	1,11	1,5
	V4	Vb4	4	0,5	1,2	1,25
	V4	Vb4	5	0,45	1,14	1
	MOYENNE			<b>0,656</b>	<b>1,146</b>	<b>1,378</b>
V8	V4	Vb5	1	0,75	1,27	1
	V4	Vb5	2	0,81	1,15	1,03
	V4	Vb5	3	0,7	1,26	1,38
	V4	Vb5	4	0,2	0,98	1,29
	V4	Vb5	5	0,65	1,05	1
	MOYENNE			<b>0,622</b>	<b>1,142</b>	<b>1,14</b>
V9	V5	Vb5	1	0,36	0,16	0,75
	V5	Vb5	2	0,84	0,2	0,98
	V5	Vb5	3	0,6	0	0,45
	V5	Vb5	4	0,65	0,15	0,64
	V5	Vb5	5	0,36	0,3	0,6
	MOYENNE			<b>0,562</b>	<b>0,162</b>	<b>0,684</b>
V10	V5	Vb6	1	1,65	0,06	0,7
	V5	Vb6	2	0	0,01	0,25
	V5	Vb6	3	0	0	0,3
	V5	Vb6	4	1,89	0	0,6
	V5	Vb6	5	0	0,04	0,65
	MOYENNE			<b>0,708</b>	<b>0,022</b>	<b>0,5</b>



**Annexe11 : Les résultats des paramètres étudié Pour la moissonneuse batteuse CLAAS PMA sur la parcelle 2 (Blé dur).**

	Vitesse d'avancement	Vitesse de rotation batteur	Numéro	Pertes %	Casses %	Impuretés %
V1	Va 1	Vb1	1	3,5	1,98	9
	Va 1	Vb1	2	3,23	2,09	8,14
	Va 1	Vb1	3	3,22	2	7,5
	Va 1	Vb1	4	3,4	2,08	9,02
	Va 1	Vb1	5	3,2	2,07	8,05
	<b>MOYENNE</b>			<b>3,31</b>	<b>2,044</b>	<b>8,342</b>
V2	Va 1	Vb2	1	2,98	3,4	7
	Va 1	Vb2	2	2,95	3,57	7,07
	Va 1	Vb2	3	2,95	3,82	6,89
	Va 1	Vb2	4	2,91	3,98	6,6
	Va 1	Vb2	5	2,97	3,66	6,59
	<b>MOYENNE</b>			<b>2,952</b>	<b>3,686</b>	<b>6,83</b>
V3	Va 2	Vb2	1	2,15	2,3	6,01
	Va 2	Vb2	2	2,26	2,23	5,43
	Va 2	Vb2	3	2,22	2,54	5,8
	Va 2	Vb2	4	2,3	2,3	5,67
	Va 2	Vb2	5	2,09	2,27	5,39
	<b>MOYENNE</b>			<b>2,204</b>	<b>2,328</b>	<b>5,66</b>
V4	Va 2	Vb3	1	1,87	2	5,09
	Va 2	Vb3	2	1,82	2,03	5,18
	Va 2	Vb3	3	1,67	2,1	5
	Va 2	Vb3	4	1,9	2,09	5,27
	Va 2	Vb3	5	1,69	1,9	5,36
	<b>MOYENNE</b>			<b>1,79</b>	<b>2,024</b>	<b>5,18</b>
V5	Va3	Vb3	1	1,81	1,69	3,79
	Va3	Vb3	2	1,73	1,76	3,3
	Va3	Vb3	3	1,53	1,89	3,34
	Va3	Vb3	4	1,56	1,84	3,96
	Va3	Vb3	5	1,69	1,67	3,8
	<b>MOYENNE</b>			<b>1,664</b>	<b>1,77</b>	<b>3,638</b>
V6	Va3	Vb4	1	1,5	1,48	3,8
	Va3	Vb4	2	1,02	1,5	3
	Va3	Vb4	3	1	1,33	3,13
	Va3	Vb4	4	1,02	1,28	3,28
	Va3	Vb4	5	1,15	1,26	2,99
	<b>MOYENNE</b>			<b>1,138</b>	<b>1,37</b>	<b>3,24</b>
V7	V4	Vb4	1	1,25	1	2,8
	V4	Vb4	2	1,18	1,15	2,71
	V4	Vb4	3	1,22	1,98	2,2
	V4	Vb4	4	1,28	2,12	2,49
	V4	Vb4	5	1,14	2,15	2,3
	<b>MOYENNE</b>			<b>1,214</b>	<b>1,68</b>	<b>2,5</b>
V8	V4	Vb5	1	1,98	0,91	2
	V4	Vb5	2	1,9	0,9	2,21
	V4	Vb5	3	1,7	0,87	2,15
	V4	Vb5	4	1,35	0,72	2
	V4	Vb5	5	1,3	0,8	2,11
	<b>MOYENNE</b>			<b>1,646</b>	<b>0,84</b>	<b>2,094</b>
V9	V5	Vb5	1	1,19	0,3	3,15
	V5	Vb5	2	1,1	0,29	3,11
	V5	Vb5	3	1,12	0,31	2,99
	V5	Vb5	4	1,08	0,34	3,1
	V5	Vb5	5	1,06	0,32	3,14
	<b>MOYENNE</b>			<b>1,11</b>	<b>0,312</b>	<b>3,098</b>
V10	V5	Vb6	1	1,55	0,25	3,34
	V5	Vb6	2	1,2	0,22	3,29
	V5	Vb6	3	1,37	0,19	2,9
	V5	Vb6	4	1,11	0,23	2,4
	V5	Vb6	5	1,19	0,18	3
	<b>MOYENNE</b>			<b>1,284</b>	<b>0,214</b>	<b>2,986</b>

**Annexe 12 : Les résultats des paramètres étudiés Pour la moissonneuse batteuse SAMPO SR 2045 sur la parcelle 2 (Blé dur).**

	Vitesse d'avancement	Vitesse de rotation batteur	Numéro	Pertes %	Casse %	Impuretés %
V1	Va 1	Vb1	1	2	1	6,5
	Va 1	Vb1	2	2,1	1,45	6,3
	Va 1	Vb1	3	2,3	1,65	5,65
	Va 1	Vb1	4	2,33	1,4	4,5
	Va 1	Vb1	5	2,43	1,48	3,6
	MOYENNE			<b>2,232</b>	<b>1,396</b>	<b>5,31</b>
V2	Va 1	Vb2	1	2	2,09	3,3
	Va 1	Vb2	2	1,97	2,5	4,5
	Va 1	Vb2	3	1,98	2,65	4,3
	Va 1	Vb2	4	1,84	2,64	3,4
	Va 1	Vb2	5	1,65	2,56	3,67
	MOYENNE			<b>1,888</b>	<b>2,488</b>	<b>3,834</b>
V3	Va 2	Vb2	1	1,56	1,85	2,3
	Va 2	Vb2	2	1,31	2	2,4
	Va 2	Vb2	3	1,4	1,32	2,33
	Va 2	Vb2	4	1,35	0,34	2,43
	Va 2	Vb2	5	1,32	0,6	3,7
	MOYENNE			<b>1,388</b>	<b>1,222</b>	<b>2,632</b>
V4	Va 2	Vb3	1	1,18	1,59	2,23
	Va 2	Vb3	2	1,06	1,6	2
	Va 2	Vb3	3	1,15	1,4	2,1
	Va 2	Vb3	4	1	1,65	2,21
	Va 2	Vb3	5	1	1,12	1,99
	MOYENNE			<b>1,078</b>	<b>1,472</b>	<b>2,106</b>
V5	Va3	Vb3	1	0,95	1,41	2,3
	Va3	Vb3	2	1,01	1,39	2,34
	Va3	Vb3	3	1	1,56	2,12
	Va3	Vb3	4	0,9	1,54	1,45
	Va3	Vb3	5	0,89	1,15	1
	MOYENNE			<b>0,95</b>	<b>1,41</b>	<b>1,842</b>
V6	Va3	Vb4	1	0,82	1,26	1,9
	Va3	Vb4	2	0,79	1,15	1,85
	Va3	Vb4	3	0,78	0,96	2
	Va3	Vb4	4	0,81	1,02	1,4
	Va3	Vb4	5	0,81	1,01	1,6
	MOYENNE			<b>0,802</b>	<b>1,08</b>	<b>1,75</b>
V7	Va4	Vb4	1	1	1,5	1,75
	Va4	Vb4	2	1,01	1,23	1,68
	Va4	Vb4	3	1,03	1,21	1,59
	Va4	Vb4	4	0,95	1,2	1,46
	Va4	Vb4	5	1,06	1,4	1,39
	MOYENNE			<b>1,01</b>	<b>1,308</b>	<b>1,574</b>
V8	Va4	Vb5	1	1,61	0,67	1,4
	Va4	Vb5	2	0,7	0,5	1,15
	Va4	Vb5	3	1	0,53	1,9
	Va4	Vb5	4	1,09	0,32	1
	Va4	Vb5	5	1,05	0,44	1,5
	MOYENNE			<b>1,09</b>	<b>0,492</b>	<b>1,39</b>
V9	Va5	Vb5	1	0,87	0,12	1,17
	Va5	Vb5	2	0,9	0,19	1,1
	Va5	Vb5	3	0,74	0,5	0,87
	Va5	Vb5	4	0,99	0,32	1,2
	Va5	Vb5	5	0,81	0	0,6
	MOYENNE			<b>0,862</b>	<b>0,226</b>	<b>0,988</b>
V10	Va5	Vb6	1	1	0,11	1,36
	Va5	Vb6	2	1,01	0,04	1
	Va5	Vb6	3	0,9	0,09	0,4
	Va5	Vb6	4	0,75	0,01	0,33
	Va5	Vb6	5	0,6	0,1	0,27
	MOYENNE			<b>0,852</b>	<b>0,07</b>	<b>0,672</b>

