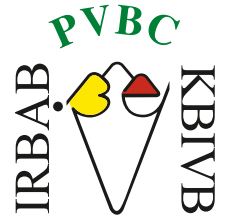




Numéro spécial chicorée



PVBC – PROGRAMME VULGARISATION BETTERAVE CHICORÉE, DANS LE CADRE DES CENTRES PILOTES

Rubrique rédigée et présentée sous la responsabilité de l'IRBAB, J.-P. Vandergeten, Directeur de l'IRBAB, avec le soutien du Service public de Wallonie

Essais comparatifs du matériel d'arrachage de chicorées industrielles (2010-2011)

Bruno Huyghebaert (CRA-W), Jürgen Vangeyte (ILVO), Barbara Manderyck (IRBAB-KBIVB)

1. Introduction

Bien que l'amélioration variétale ait permis de standardiser et d'augmenter les dimensions de la carotte de chicorée, cette dernière reste généralement plus étroite, fragile et plus effilée qu'une betterave. Ainsi, la récolte de la chicorée industrielle reste un processus assez spécifique, d'autant plus que les exigences de l'industrie de transformation sont plus élevées ; en effet, l'inuline contenue dans les pointes de racine est de meilleure qualité. Lors de l'arrachage, on s'efforcera donc de sortir les carottes les plus longues possibles, tout en limitant les coups et les blessures.

Pour cette raison, les équipementiers ont développé un matériel d'arrachage spécifique à la chicorée industrielle. Ce matériel consiste en une intégrale équipée de six paires de fourches animées et d'une turbine à barreaux plats. Les premières machines de ce type sont apparues dès 1990. Durant la campagne 2009, ce matériel d'arrachage spécifique a montré une certaine efficacité tant en conditions humides que sèches.

Sous l'impulsion du PVBC, des essais comparatifs d'arrachage de chicorées ont été organisés au cours des campagnes 2010 et 2011. L'objectif était d'étudier l'avantage qu'apporte l'utilisation d'un matériel d'arrachage spécifique à la chicorée par rapport aux matériels plus conventionnels souvent polyvalents betterave-chicorées et, au final, pouvoir répondre à la question : ce nouveau matériel a-t-il la capacité d'augmenter la récolte et le rendement financier de la culture ?

Ces essais ont été réalisés par un consortium composé du CRA-W (Centre wallon de Recherches agronomiques) de Gembloux et de l'ILVO (Instituut voor Lanbouw en Visserij Onderzoek) de Merelbeke pour la partie scientifique, de Beneo-Orafti et de Cosucra comme partenaires industriels et finalement du PVBC pour la coordination.



2. Description des principaux types de chantier utilisés en arrachage de chicorées industrielles

Le processus d'arrachage est divisé classiquement en 3 phases : effeuillage et décolletage, arrachage et finalement nettoyage. Chacune de ces phases sera à l'origine de pertes qu'il faut minimiser. Le processus complet est réalisé entièrement par une arracheuse intégrale, ou subdivisé en deux phases dans le cas d'un chantier décomposé (arracheuse + débardeuse ou chargeuse).

2.1. Effeuillage et décolletage

L'effeuillage et le décolletage ne sont pas spécifiques à la chicorée. Le matériel que l'on retrouve est classique et se décline selon toutes les combi-

naisons possibles d'une effeuilleuse mono ou bi-rotor couplée ou non à des scalpeurs rotatifs ou fixes.

Cette phase de l'arrachage n'a pas fait l'objet d'essais particuliers durant les campagnes 2010 et 2011. Cependant, il est bon de noter que le décolletage de la chicorée est un sujet de discussion chez les industriels avec ses adeptes et détracteurs. Par exemple, Beneo-Orafti préfère un effeuillage light sans décolletage afin de ne pas blesser la carotte et ainsi limiter les pertes en inuline. Cosucra demande un effeuillage et décolletage plus ferme afin de limiter la tare. Ces choix sont souvent régis par les contraintes du processus de transformation et la qualité désirée du produit fini. Quoiqu'il en soit, un décolletage trop sévère engendre une perte de rendement. Pratiquement, lorsque 10% des racines sont sur-décolletées, les pertes atteignent de l'ordre de 1 t/ha.

2.2. Arrachage

Actuellement, quatre techniques d'arrachage sont utilisées pour la récolte des chicorées : les fourches, les socs oscillants, les socs oscillants + dents sous-soleuses et les roues Opper. Le système d'arrachage à fourches est spécifique à la chicorée tandis que les autres systèmes conventionnels sont utilisés tant en récolte de chicorées que de betteraves.

Les fourches

La fourche travaille plus profondément (± 18 cm) que les autres systèmes d'arrachage ; ce qui permet en poussant la racine hors du sol d'arracher des carottes plus longues. En revanche, le nettoyage doit être plus intensif, étant donné que la machine « avale » plus de terre, et la puissance développée par la machine doit être plus importante. L'écartement entre les fourches est de 10 cm à l'entrée et de 5 cm à la sortie. Les fourches peuvent être fixes ou oscillantes. Dans ce cas, le mouvement de la fourche permet aussi de limiter la casse des carottes dans le sol.



Photo : vue frontale de fourches oscillantes.

Les socs oscillants

L'arrachage avec socs oscillants est une technique conventionnelle, classiquement utilisée en betteraves. En chicorées il est nécessaire que les machines soient équipées de socs spécifiques à la chicorée. Le mouvement alternatif des socs « lève » verticalement la chicorée. La vitesse d'oscillation sera adaptée en fonction des conditions d'arrachage. La profondeur de travail des socs est moindre : 14 à 15 cm. L'écartement entre les socs est de 20 cm à l'entrée et de 2 à 3 cm à la sortie. Le bord d'attaque du soc doit rester hors de la terre. L'inclinaison des socs sera aussi modifiée en fonction des conditions d'arrachage.



Photo : vue frontale d'un soc oscillant avec dent sous-soleuse.

Les socs oscillants + dents sous-soleuses

L'ajout de dents sous-soleuses est une adaptation spécifique à la récolte de chicorées. Ces dents permettent de décompacter le sol ce qui facilite l'arrachage proprement dit avec les socs oscillants. La profondeur de travail des dents doit atteindre au moins 20 cm pour être efficace. L'inconvénient est que ce système peut causer une augmentation de la tare. Il est cependant de plus en plus utilisé pour la récolte de chicorées.

Les roues Oppel

Les roues Oppel sont actionnées ou non par un moteur hydraulique. Leur vitesse de rotation est indépendante de la vitesse d'avancement de la machine et doit être adaptée aux conditions d'arrachage. A l'avant, l'écartement entre les roues est de 20 cm et à l'arrière de 2 à 3 cm. La profondeur de travail est généralement limitée de 12 à 13 cm. Comme pour les socs oscillants, des dents sous-soleuses peuvent être ajoutées aux systèmes d'arrachage à roues Oppel.



Photo : vue sur roue Oppel avec dents sous-soleuses.

2.3. Nettoyage

Le nettoyage des chicorées doit trouver le juste compromis entre un bon décrochage des carottes et un minimum de pertes (carottes entières et bris de pointe). La forme spécifique de la chicorée (carotte longue et effilée) nécessite des réglages et des adaptations du circuit de nettoyage.

Généralement le circuit de nettoyage est constitué d'une combinaison de soleils, de rouleaux et de tapis. Chacun ayant des avantages et inconvénients.

Les soleils :

ce système de nettoyage classique est composé de soleils animés hydrauliquement et de grilles fixes. Les mouvements de frottement nettoient les carottes. Ce système est reconnu comme étant agressif, mais très efficace. Aussi, en récolte de chicorée, les soleils utilisés auront un nombre de rayon plus élevé et de préférence plats afin de limiter les bris de pointes. Les grilles à barre droite seront préférées aux queues de cochon réputées plus agressives. Des plaques peuvent être ajoutées afin de réduire les interstices où les carottes pourraient se loger et casser.



Photos : soleils adaptés à l'arrachage de la chicorée.

Les rouleaux :

sont moins efficaces que les soleils mais engendrent moins de pertes et de bris de pointes. Ils sont placés directement après le système d'arrachage. Le premier rouleau, spécifique à la chicorée a un diamètre inférieur (6 cm) derrière chaque ligne d'arrachage, ceci permet de limiter la casse des carottes arrivant sur la table. En général les autres rouleaux ont un diamètre d'environ 10 cm. L'écartement entre rouleaux peut être ajustable hydrauliquement, il doit être réduit au minimum. Les rouleaux proprement dit sont spiralés ou dotés de doigts. Ces derniers génèrent un nettoyage plus agressif.



Photo : vue sur une table de nettoyage avec rouleaux axiaux.

Les tapis :

constituent un dispositif de nettoyage complémentaire qui ne pourrait à lui seul fournir un travail satisfaisant. La fonction principale des tapis est de convoyer les carottes de la fin du circuit de nettoyage vers la trémie. En récolte de chicorée, la réduction de l'espacement entre les barreaux (± 3 cm) est la principale adaptation.



Photo : tapis adapté à l'arrachage de chicorées.

3. Réalisation des essais

Lors des campagnes 2010-2011, 13 essais comparatifs et exploitables ont permis de confronter les arracheuses à fourches (Holmer Terra Dos T3 et T2, Ropa Euro Tiger) à 1, 2 voire 3 arracheuses à socs, roues Oppel, avec ou sans dents sous-soleuses, des intégrales, des chantiers décomposés....

Nombre de machines testées	Système d'arrachage			
	fourche	soc	soc + dent	Oppel
2010	8	5	2	3
2011	6	7	2	1
Total	14	12	4	4

Tableau 1 : Distribution des machines testées selon leur système d'arrachage.

La distribution des machines testées n'est pas équivalente pour tous les systèmes d'arrachage. La fourche et le soc sont plus représentés que les systèmes socs+dents et roues Oppel. Ceci traduit la popularité de ces systèmes pour l'arrachage de chicorées et les contraintes d'expérimentation dans des conditions réelles (présence d'une arracheuse à fourche sur le chantier de récolte et disponibilité des autres machines). Les résultats pour les systèmes d'arrachage bien représentés (fourche et soc) sont donc plus robustes que les autres (soc+dent et Oppel).

Les essais se sont succédé tout au long des campagnes d'arrachage, de fin août à mi-novembre, afin de rencontrer des conditions climatiques différentes. Cependant les automnes 2010-2011 ont été très cléments et finalement les conditions d'arrachage se sont avérées très favorables pour tous les essais qui ont été réalisés dans des sols limoneux et sablo-limoneux.

Un essai consiste à faire travailler plusieurs machines dont l'arracheuse à fourche sur une même parcelle afin de les mettre dans des conditions d'arrachage équivalentes. Pour cela, une zone de test homogène est définie sur chaque parcelle, les fourrières sont détournées, les courtes lignes arrachées ainsi que les traces de pulvérisation. Les différentes arracheuses en lice ont également eu la possibilité d'effectuer un parcours de réglage. Toujours dans un souci d'équité, le passage des différentes machines est alterné. Au final, chaque machine a pu être évaluée sur une superficie de 1 à 2 ha.

Le conducteur choisit sa vitesse d'avancement et réalise au cours de l'essai son silo. La vitesse d'avancement était un des paramètres de la campagne d'essai 2011. L'idée était d'augmenter la vitesse d'avancement de 2 km/h par rapport à celle choisie par le conducteur au départ et d'observer l'évolution de la qualité du travail. Cependant, pour des raisons de temps, il n'a pas été possible de systématiser cette expérimentation. Quelques constatations sont données par la suite à ce sujet.

Lors de l'essai, les équipes du CRA-W et de l'ILVO procèdent à différentes mesures, prélèvements et échantillonnages suivants :

1. Mesure de la vitesse de travail et superficie exacte arrachée qui permettront de calculer le rendement de chantier de la machine (ha/h).
2. Arrachage manuel ($\pm 0,5$ are) et comptage du nombre de racines (de 0,5 à 1,5 ares) qui permettront de calculer le rendement théorique (t/ha) et le peuplement (racines/ha) de la parcelle.
3. Echantillonnages de terre qui une fois analysés donneront l'humidité (%), la texture et la composition (% d'argile, limon et sable) du sol de la parcelle.
4. Ramassage des pertes en surface (± 4 ares) qui permettra de déterminer les pertes dans le circuit de nettoyage (t/ha).
5. Echantillonnage de 400 racines sur le silo de chaque machine qui permettra par la mesure de leur longueur, diamètre de casse et effeuillage (surdécolletage) de calculer les pertes (t/ha).

Après l'essai, les différents silos correspondant aux machines testées sont repris, avec ou sans décrottage selon le choix du planteur, et transportés à l'usine où le rendement net (t/ha) et la tare (%) sont mesurés.

A l'issue de chaque essai, nous connaissons les conditions de récolte et le rendement théorique de la parcelle, ainsi que pour chaque machine : le rendement net, la tare, les différentes pertes (bouts, surdécolletage, circuit

de nettoyage...) et le rendement de chantier.

3. Résultats des essais 2010-2011

Les résultats permettent de comparer le système d'arrachage spécifique à fourche avec les autres sur base de la qualité d'arrachage, du gain de rendement (sans prime et avec prime), de la distribution des pertes et de la tare. Les chiffres donnés ne tiennent pas compte des primes éventuelles concédées à l'agriculteur qui sont liées à la date d'arrachage.

Comme les essais se sont déroulés sur 2 ans dans des parcelles différentes (variétés, populations, rendements théoriques, sols, précédents culturaux, conditions d'arrachage différents), les résultats présentent une disparité importante. Pour cette raison, les diagrammes fournissent des résultats moyens des deux années avec leur variabilité (barre verticale) qui permet de donner une idée de la tendance.

3.1. Qualité d'arrachage

La qualité d'arrachage est évaluée sur deux paramètres mesurés sur les carottes ayant été échantillonnées directement après la récolte sur les silos. Ces paramètres sont la longueur et le diamètre de casse de la carotte. Une bonne qualité d'arrachage se traduit par une longueur moyenne des carottes élevées et un diamètre de casse réduit.

La longueur et le diamètre de casse des racines ne sont pas uniquement fonction du système d'arrachage. Les autres phases du circuit d'arrachage comme le décolletage et le nettoyage jouent également un rôle. La qualité d'arrachage, qui est donnée ici, donne une image du travail complet des différents types de machines.

Le diagramme 1 résume la distribution des longueurs moyennes des racines en fonction du système d'arrachage. En moyenne, les systèmes d'arrachage à fourche et à roues Oppel permettent de retirer du sol des carottes plus longues (19,7 cm) que les autres principes de récolte. Cependant, cette longueur est plus constante pour l'arrachage à fourche que pour les autres machines (barre verticale réduite). Ce qui traduit un travail plus régulier quelles que soient les conditions de travail.

Le système d'arrachage soc+dent semble moins performant. Il faut cependant relativiser ce constat, étant donné que le nombre de machines de ce type qui a été testé est réduit (4), et qu'en 2011, les résultats donnés par le système soc+dent étaient équivalents voire supérieurs au système à soc. La barre verticale pour le résultat soc+dent est très grande, ce qui traduit une grande disparité des résultats.

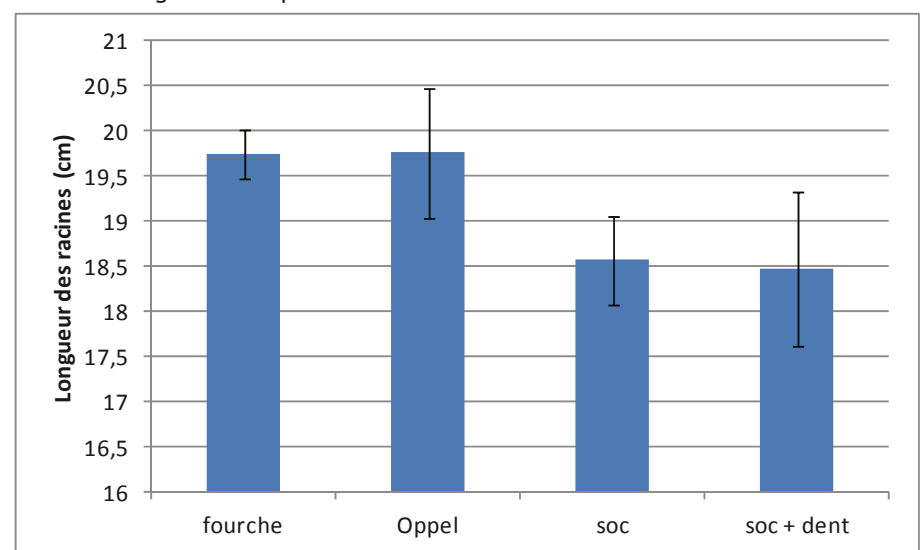


Diagramme 1 : longueurs moyennes des racines (cm) en fonction du système d'arrachage.

Le Diagramme 2 présente la distribution du diamètre de casse moyen des racines en fonction du système d'arrachage. Le système d'arrachage à roue Oppel génère en moyenne le diamètre de casse le plus petit (1,8 cm) que les autres systèmes. Cependant, les résultats sont très variables (barre verticale importante) d'une situation à l'autre, d'une machine à l'autre. Ensuite vient le système d'arrachage à fourche avec un diamètre de casse de 2 cm. La variabilité est faible (barre verticale réduite) ce qui traduit une bonne régularité de la qualité du travail.

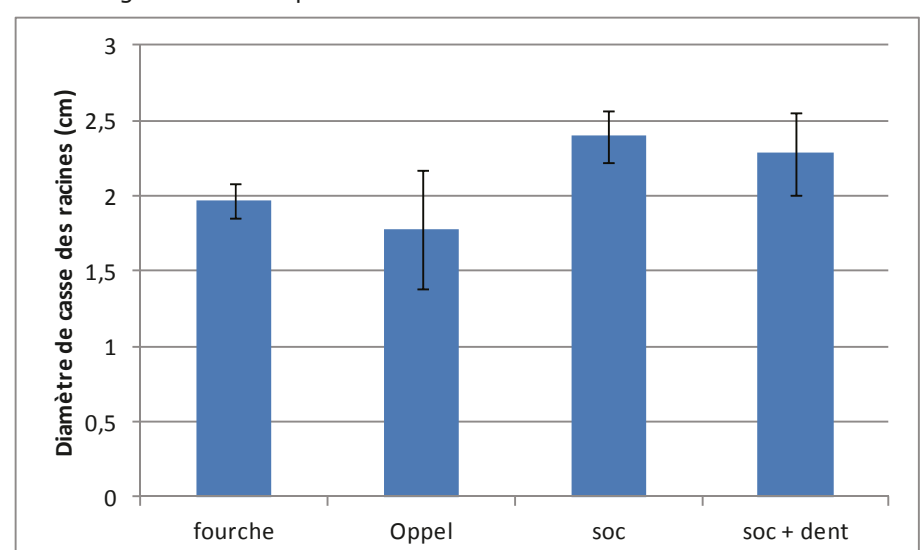


Diagramme 2 : diamètre de casse moyen des racines (cm) en fonction du système d'arrachage.

3.2. Comparaison des rendements

Les machines sont comparées sur base de leur rendement net (t/ha), la référence étant l'intégrale à fourche. Le diagramme 3 donne le gain de rendement des arracheuses à fourches vis-à-vis des machines équipées d'autres systèmes d'arrachage. On constate que l'intégrale à fourche permet d'augmenter le rendement net de 2,62 tonnes en moyenne par rapport aux autres matériels tous types confondus. Cette augmentation de rendement moyen monte pour les essais 2010-2011 à 2.9 tonnes lorsqu'on tient compte des primes pour arrachage hâtif.

Les chantiers équipés de roue Oppel ont en moyenne réalisé un rendement net inférieur de 4,2 t/ha par rapport à la machine à fourche. Ce résultat se base uniquement sur quatre observations, dont une correspond à un prototype et une autre à un matériel dont le réglage n'était pas optimal. Ces considérations pourraient expliquer en partie cette différence importante de rendement net.

Il semble également que l'ajout de dents sous-soleuses améliore le fonctionnement des arracheuses à soc.

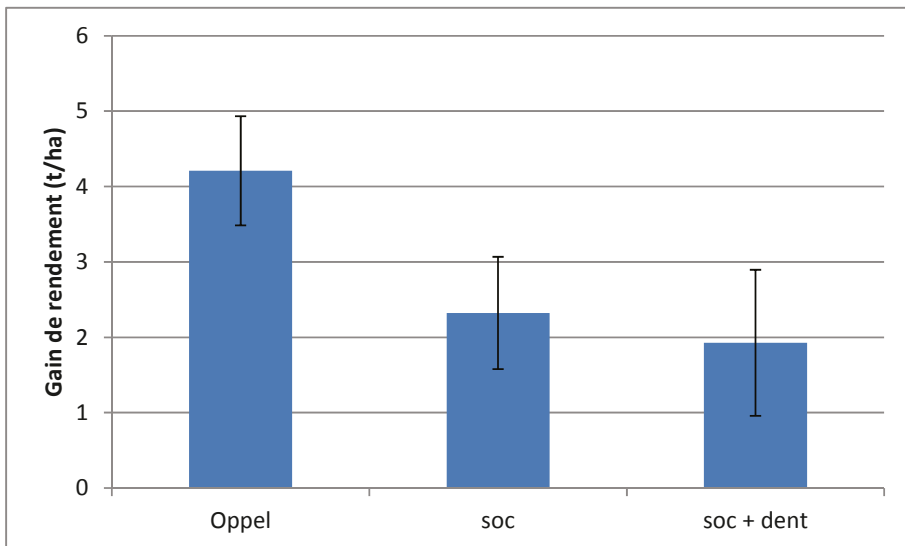


Diagramme 3 : gain de rendement du système à fourche (t/ha) par rapport aux autres systèmes d'arrachage, non-primé.

Ces résultats moyens ne permettent pas de mettre en évidence les disparités constatées d'un essai à l'autre. Au cours des essais 2011, la même arracheuse équipée de socs a obtenu, une fois, un rendement net équivalent à l'intégrale à fourche, et une autre fois, inférieur de 3,72 tonnes/ha. Cette différence s'explique par un sol plus dur en profondeur dans le second cas ce qui donne un avantage certain à l'intégrale à fourche. Un essai réalisé en 2011 à Avernas-le-Bauduin le confirme, avec un différentiel de 8,34 t/ha en faveur de l'Holmer Terra Dos T3 à fourche.

D'autres paramètres, peuvent induire des différences de rendement importantes entre les machines. Lors des essais, nous avons parfois constaté que des lignes entières n'étaient pas arrachées. Ces pertes sont expliquées par un mauvais réglage du système de guidage automatique ou par un manque d'expérience ou d'attention du chauffeur (photos à droite).



3.3. Comparaison des pertes

Les pertes trouvent leur origine dans les différentes étapes de l'arrachage et du nettoyage des racines : décolletage, arrachage, nettoyage. La technique de mesure adoptée lors des essais permet de déterminer la provenance des pertes comme le montre le diagramme 4.

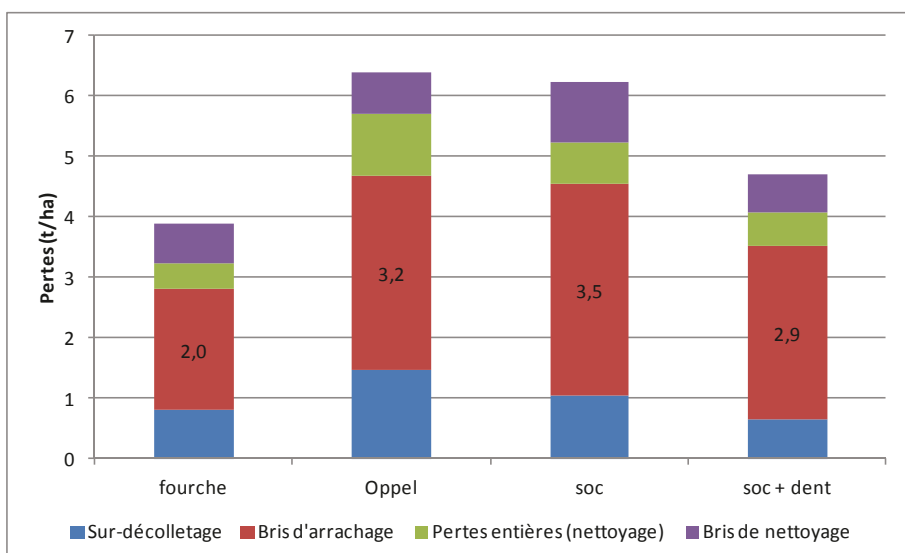


Diagramme 4 : distribution des différentes sources de pertes selon les systèmes d'arrachage (t/ha, non primé).

Les pertes en sur-décolletage ne permettent pas vraiment de comparer les différents systèmes d'arrachage. Elles dépendent surtout du bon réglage de la hauteur de travail de l'effeuilleuse et des scalpeurs. En moyenne, toutes machines confondues, les pertes au décolletage étaient inférieures à une tonne par hectare. Ce résultat traduit la volonté du principal partenaire industriel des essais, Orafti, qui demande de réduire au maximum le décolletage.

Les pertes dans le circuit de nettoyage ne sont également pas fonction du système d'arrachage. Elles dépendent de la spécificité du circuit de nettoyage et de son adaptation à la chicorée (présence de rouleaux, adaptation des tapis et des grilles...). Sur base de ces pertes, il est donc aussi difficile de comparer les machines entre elles. Cependant, l'arracheuse à fourche est un matériel spécifique à la chicorée dont le circuit de nettoyage est également adapté, ceci se traduisant donc par des pertes de nettoyage globalement moins importantes (0,6 t/ha).

Les bris à l'arrachage constituent une bonne base de comparaison des différents matériels. Ceux-ci restent dans le sol et sont générés par la cassure de la carotte lors de l'arrachage. Il est logique de constater que cette perte est plus faible pour l'arracheuse à fourche (moyenne de 2 t/ha) étant donné que ce système permet de récolter des carottes plus longues.

3.4. Comparaison de la tare

Il est impossible de fournir une analyse et une conclusion sur base de la tare. En effet, les essais ont été réalisés dans des conditions différentes (parcelles, conditions d'arrachage...). De plus, la tare a été mesurée à l'usine après un éventuel décrottage. En effet, selon le choix de l'agriculteur, les carottes étaient décrottées ou non lors du chargement. Ces considérations se traduisent par une forte disparité des résultats (longues barres verticales) qui se chevauchent d'un système d'arrachage à l'autre (diagramme 5). Ce qui ne permet pas de mettre des différences significatives en évidence.

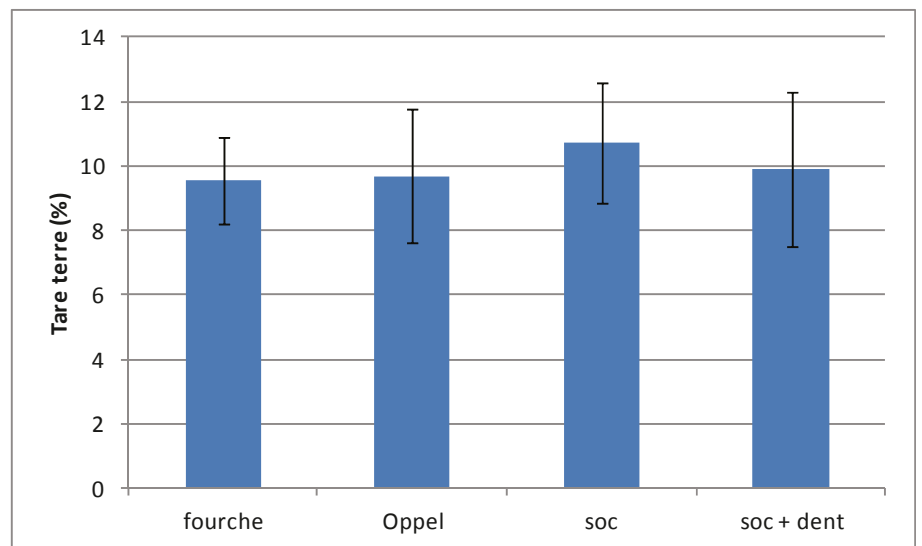


Diagramme 5 : tare moyenne observée en fonction des différents systèmes d'arrachage.

4. Conclusions

Les essais comparatifs (2010-2011) ont permis de mettre en évidence les avantages techniques du matériel d'arrachage spécifique à fourche. L'intégrale à fourche permet d'augmenter le rendement net de 2,62 t/ha (2.9 t/ha primé) en moyenne par rapport aux autres matériels, par le biais d'une diminution des pertes. En effet, l'utilisation de fourches travaillant plus profondément améliore la qualité d'arrachage. Les racines récoltées sont plus longues, avec un diamètre de casse plus petit. Ce bon résultat serait vain, si, en aval, le circuit de nettoyage n'était pas spécifiquement adapté à la chicorée. Enfin, les essais ont souligné l'importance du bon réglage de la machine (décolletage et autoguidage) ainsi que de l'expérience du chauffeur.

Si d'un point de vue technique, l'intégrale à fourche apporte un plus, la question de sa rentabilité économique se pose. En effet, l'investissement dans ce type de matériel représente un coût supplémentaire de l'ordre de 15 000 €, à matériel équivalent. La consommation en carburant est également supérieure d'environ 10 l/ha pour une machine pas ou peu polyvalente. Economiquement parlant une augmentation de rendement de 2 t/ha permet de couvrir le surcoût lié à l'utilisation d'une intégrale à fourches, pour des superficies arrachées de 80 à 200 ha/an. Compte tenu des résultats obtenus, en moyenne sur l'ensemble des essais des deux années la limite de rentabilité est donc atteinte.

Au final, il est toujours difficile de savoir si l'investissement dans une intégrale à fourche est justifié. La filière de production et de transformation de la chicorée industrielle regroupe différents intervenants : l'agriculteur, l'entrepreneur et l'usine. Chacun a ses propres critères et contraintes, et doit assurer la rentabilité de son activité. Un équilibre doit donc être trouvé pour assurer la pérennité de la chaîne de production. La technique d'arrachage est certainement un des poids qui pèse dans la balance.

Compte tenu de ce qui précède, on pourrait conclure par la considération suivante : l'utilisation d'une arracheuse à fourche permettra à l'agriculteur d'augmenter son rendement net, à l'entrepreneur de décrocher plus facilement un contrat et à l'usine de mieux maîtriser la qualité de sa matière première.