

Le matériel de récolte en betterave sucrière : impact sur le tassement du sol et les coûts de production

UniLaSalle Beauvais - 12/06/2019

Simon Laisné, Lucie Mathon, Jean-Baptiste Michel, Amélie Thiebaut, Elise Souquet

Présentation de l'équipe



- Référent: Alexis Belloy
Chaire AMNT UniLaSalle Beauvais
- Apprentis Ingénieur: Lucie Mathon, Amélie Thiebaut, Elise Souquet, Jean-Baptiste Michel et Simon Laisné



Les objectifs du projet

- Objectif 1 : Comprendre les enjeux du matériel de récolte en betterave sucrière
- Objectif 2 : Etude de l'impact du matériel de récolte de betteraves sucrière sur le tassement et les coûts de production



Rencontres :

- **SIMA : entreprises Ropa, Grimme, Holmer, Vervaet, Amity**
 - Sensibilisation, récolte de données et prise de contact
- **Gilles SA : visite sur site (Belgique)**
 - Présentation du concept Gilles SA, sensibilisation, récolte de données et prise de contact
- **CUMA du Belloy-sur-Somme : rencontre avec Vincent Lepers (président)**
 - Découverte du système CUMA pour l'arrachage de betterave (organisation, aspect tassement du sol et coûts)



Sommaire

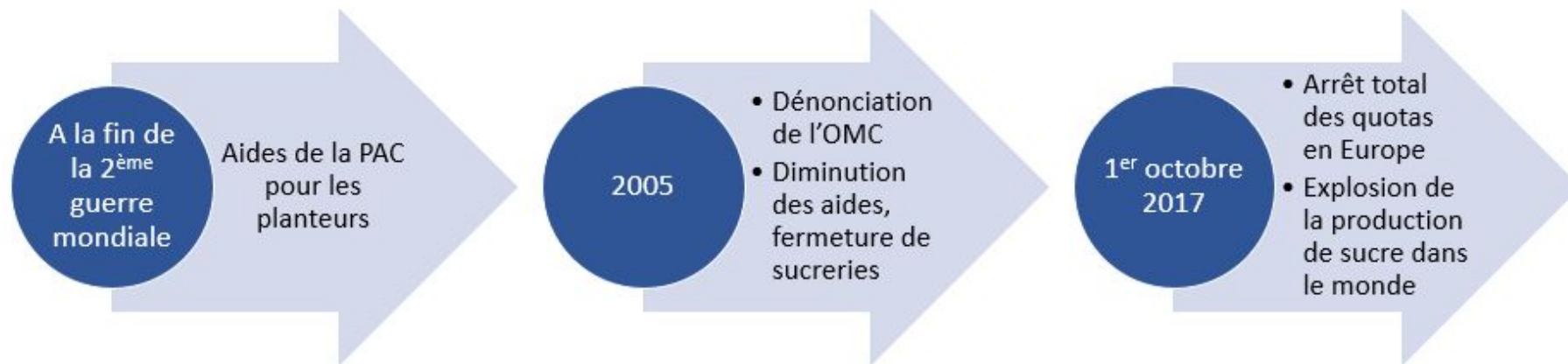
- Contexte
 - La filière betterave sucrière
 - L'arrachage de betterave : organisation et enjeux
 - Le tassement de sol
- Présentation des principes d'arrachage
- Impact du système d'arrachage sur le tassement de sol
- Impact du système d'arrachage sur les coûts

Présentation du contexte de l'étude

The background is a solid teal color. It features several faint, semi-transparent geometric shapes. In the upper right, there is a large circular graphic resembling a donut chart with three segments. To its right and below are several smaller circular pie charts. In the bottom right corner, there is a faint bar chart with four vertical bars of increasing height.



La filière betterave sucrière



Instabilité du prix du sucre



Point d'équilibre pour
les planteurs comme
pour les sucriers

Prix du sucre
varie en fonction
du prix du
pétrole

En 2018, le prix de
la tonne de sucre
européen est passé
de 500 à 307 euros

Perte de rendement dûe
à de mauvaises
conditions climatiques

Cours du sucre mondial et européen (en €/t), le Betteravrier, Avril 2019

***Quelles perspectives
d'avenir pour la filière ?***

Part de l'arrachage de betteraves dans l'ITK

Total des charges opérationnelles sans recours à un tiers (arrachage)	1141	1196	Total des charges opérationnelles avec recours à un tiers (semis + arrachage)
Part des semences (%)	23	22	Part des semences (%)
Part du <u>desherbage</u> (%)	17	16	Part du <u>desherbage</u> (%)
Part des fongicides (%)	6	5	Part des fongicides (%)
Part des Insecticides (%)	3	3	Part des Insecticides (%)
Part des CIPAN (%)	3	3	Part des CIPAN (%)
Part de la Fertilisation (%)	27	25	Part de la Fertilisation (%)
		5	Part du semis (%)
Part de l'arrachage (%)	22	21	Part de l'arrachage (%)
	100	100	

Tableau : total des charges opérationnelles de la culture de betteraves sucrières avec ou sans recours à un tiers.



Qu'est-ce que le tassement ?

Sol : “Assemblage de particules sous forme d'agrégats - pores composés d'air et eau

Tassement : déformation et perte de porosité du sol, sous l'effet d'une contrainte supérieure à sa résistance mécanique.

- Tassement de surface (< 25 cm de profondeur) ou tassement en profondeur (> 25 cm de profondeur)
- Processus de compression : perte de porosité + diminution du volume du sol
- Processus de cisaillement : discontinuité de la porosité

Capacité au champ : capacité de rétention maximale en eau d'un sol après écoulement par gravité de l'eau excédentaire

Facteurs influençant le tassement :

- Propriétés du sol : structure - texture - porosité → influence l'écoulement de l'eau excédentaire

Teneur en eau > capacité au champ = tassement

- Caractéristiques du matériel de ramassage :
 - Nombre d'essieux - charge par essieu - type de pneumatique/pression de gonflage - nombre de passage : compression
 - Vitesse de travail : cisaillement



Qu'est-ce que le tassement ?

Les conséquences :

- Etat structural du sol dégradé
- Levée des cultures hétérogène et compliquée : mauvais enracinement
- Difficultés d'accès aux nutriments et oligo-éléments par la plante
- Répercussions économiques

Diagnostic du tassement :

Méthode	Méthode bêche	Mini profil 3D	Tige pénétrométrique	Profil cultural
Profondeur (cm)	25	60	80	120
Résultats	Tassement de surface	Tassement de surface et profondeur + analyse	Tassement de surface et profondeur + analyse	Tassement de surface et profondeur + analyse

Présentation des principes d'arrachage



Arracheuses portées

- Effeuillage, décolletage et arrachage à l'avant du tracteur
- Chargement à l'arrière



Pas de risque de rouler sur les betteraves, tassement limité, coût



Tracteur avec grosse puissance hydraulique, besoin en main d'oeuvre

Arracheuses traînées

- Effeuilleuse sur le relevage avant
- Arracheuse-chargeuse traînée à l'arrière



+ Système simple, peu coûteux, robuste

— Débit de chantier, besoin en main d'oeuvre

Arrachage décomposé

- Arrachage en deux temps :
 - Un premier tracteur arrache et aligne les betteraves
 - Un autre tracteur attelé à une auto-chargeuse ou automotrice les ramasse



- + Débit de chantier, nettoyage de meilleure qualité, besoin en main d'oeuvre
- Tassement au débardage, tracteurs puissants



Automotrices

Une arracheuse automotrice effeuille, coupe le collet, arrache et stocke dans une trémie de faible capacité (3 m³)



Débit de chantier, coût, qualité d'arrachage



Nécessite une benne, production arrêtée





Intégrales

Une intégrale comprend une effeuilleuse, une décolleteuse, une arracheuse et une grande trémie (10/21/30T). Elle possède 4 ou 6 roues (2 ou 3 essieux)



Débit de chantier pas de besoin en main d'oeuvre ou matériel



Coût, tassement, compétences de conduite



The image shows a close-up of a muddy, rutted path. On the left side, there is a pile of smooth, light-colored stones. The path itself is composed of dark, wet mud with several deep, parallel ruts or grooves running along its length, indicating the passage of heavy machinery or vehicles. Small clumps of green grass are visible growing between the stones and along the edges of the path. The overall scene suggests a problem of soil compaction in a rural or agricultural setting.

**Approche
tassement de sol**



Paramètres d'étude



- Travail basé sur les recherches réalisé par Agro-Transfert dans le cadre de son projet Sol-D'phy
- Partie très théorique appliquée à l'ensemble des principes d'arrachages
- Analyse de ces principes sous trois angles:
 - Poids à l'essieu et à la roue
 - La contrainte exercée au sol
 - La gestion du trafic



Le Poids à l'essieu/roue

Définition: La charge totale de la machine divisée par son nombre d'essieux/roues.



Indicateur de la profondeur de tassement surtout en conditions humides (humidité > capacité au champs).

1ère limite → Dans la pratique, le poids est réparti différemment sur chacun des essieux.

2ème limite → Charge à l'essieu varie constamment pour des machines avec trémie.

Ici dans notre étude nous avons considéré que le poids était le même sur l'ensemble des roues et lorsqu'une trémie était présente sur la machine elle était remplie à 80%

Pas de prise en considération du transport car le poids reste relativement faible à la roue et influe peu

L'impact de l'intensité du tassement sur le sol

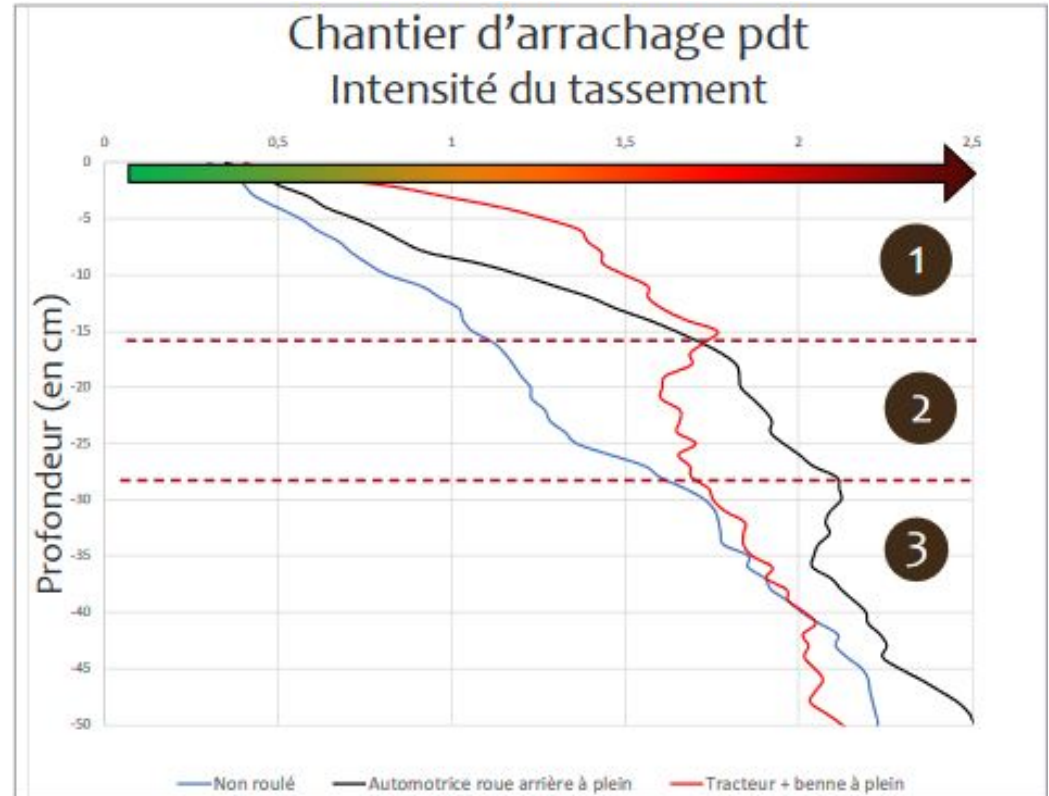
Transport: 5 passages tracteur (2t/roue)+
bennes (5t/roue)

Automotrice : 1 passage à 12t/roue

1- Effet répétition des passages : impact
tracteur + benne > impact automotrice

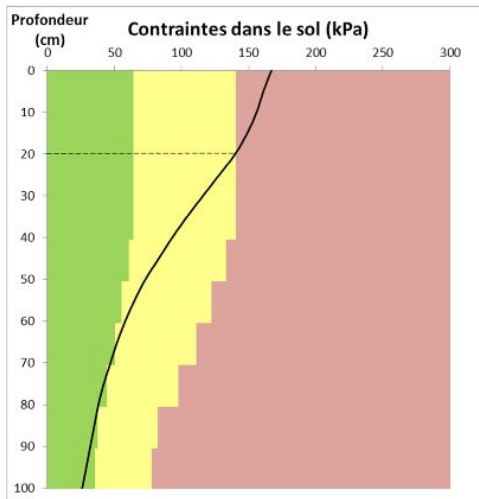
2-Effet charge à la roue : impact
automotrice > impact tracteur + benne

3- Effet charge à la roue importante :
impact uniquement de l'automotrice



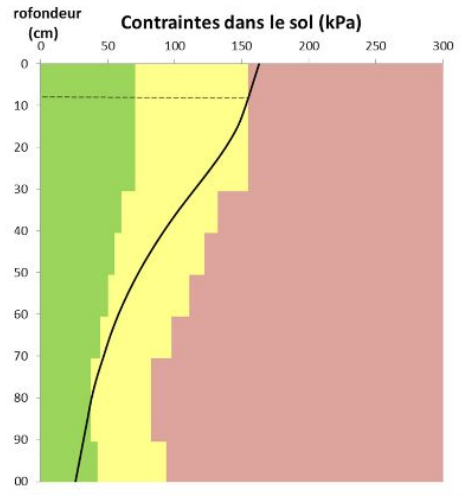
L'influence des conditions climatiques sur la profondeur de tassement

Simulation avec Terranimo
le 15 février, pour le chantier de semis
avec l'état d'humidité réel du sol



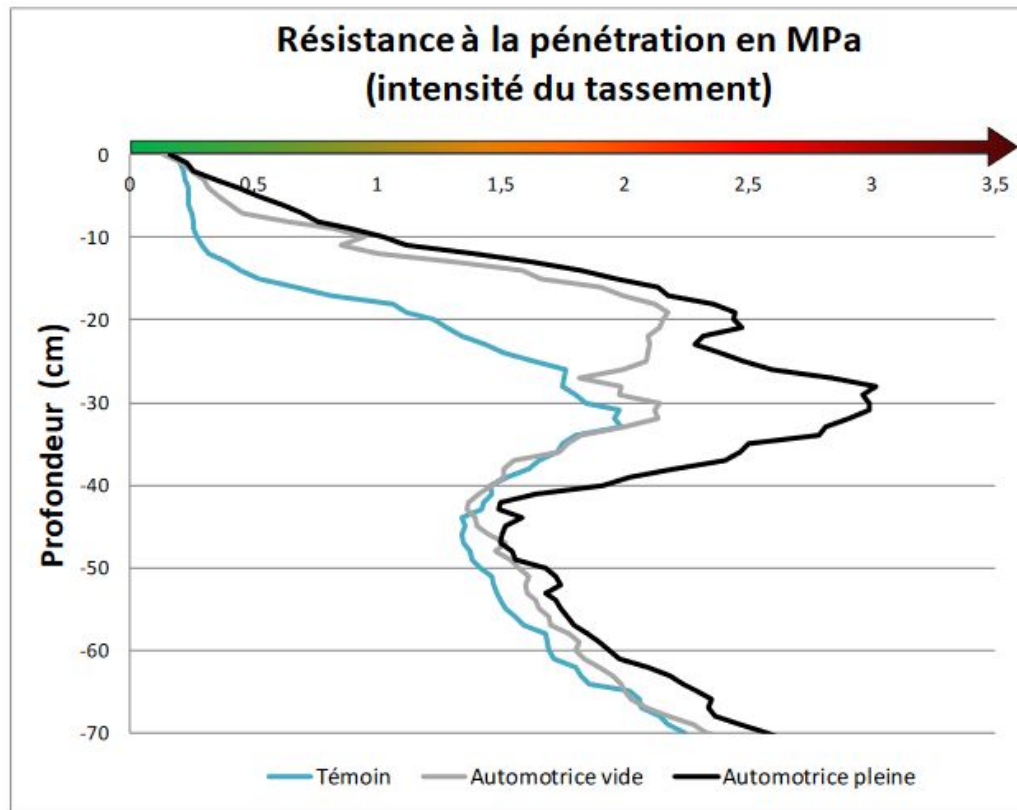
Risque de tassement élevé jusqu'à 20 cm
> Impact potentiel sur l'enracinement de la culture

Simulation avec Terranimo,
en estimant le ressuyage du sol 15 jours plus tard
(hypothèse de semis au 1^{er} mars)
en fonction de la météo annoncée



Risque de tassement élevé jusqu'à 8 cm

L'impact de la charge à la roue sur la profondeur de tassement



Appliquons cela à nos différents principes

Type de concepts	Poids à l'essieu (T)
Intégrale 4 roues grande capacité	22,1
Intégrale 6 roues 12 rangs	19,3
Débardeuse Soyez	18,8
Intégrale 6 roues 6 rangs	18,6
Intégrale 4 roues petite capacité	17,3
Arracheuse/Chargeuse 12 rangs (<u>Alloway</u>)	12,2
Automotrice	9,7
Tracteur <u>Autochargeuse</u> (Gilles)	8,4
Arracheuse/Chargeuse 6 rangs portée (<u>Franquet</u>)	8
Arracheuse/Chargeuse 6 rangs (<u>Franquet</u>)	8
Effeuilleuse/Tracteur/Arracheuse (Soyez)	7,5
Effeuilleuse/Tracteur/Arracheuse (Gilles)	4,1
Tracteur + chargeuse (Gilles)	3,5

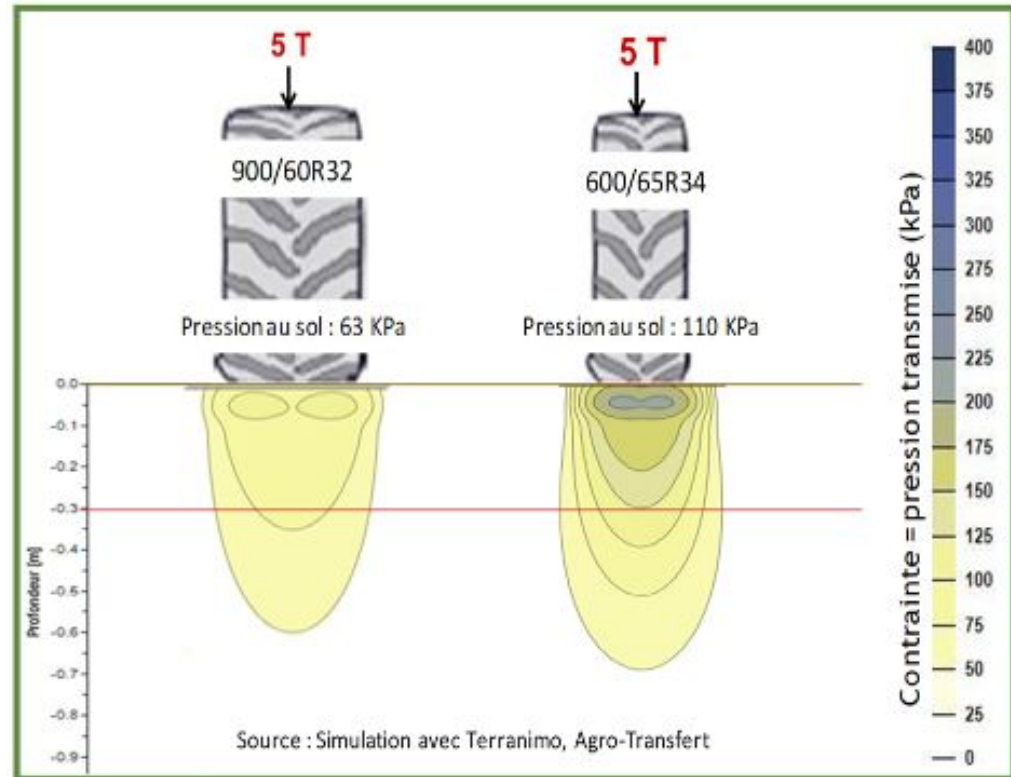
La contrainte exercée au sol

Définition: La charge à la roue divisée par la surface de contact sol-pneu

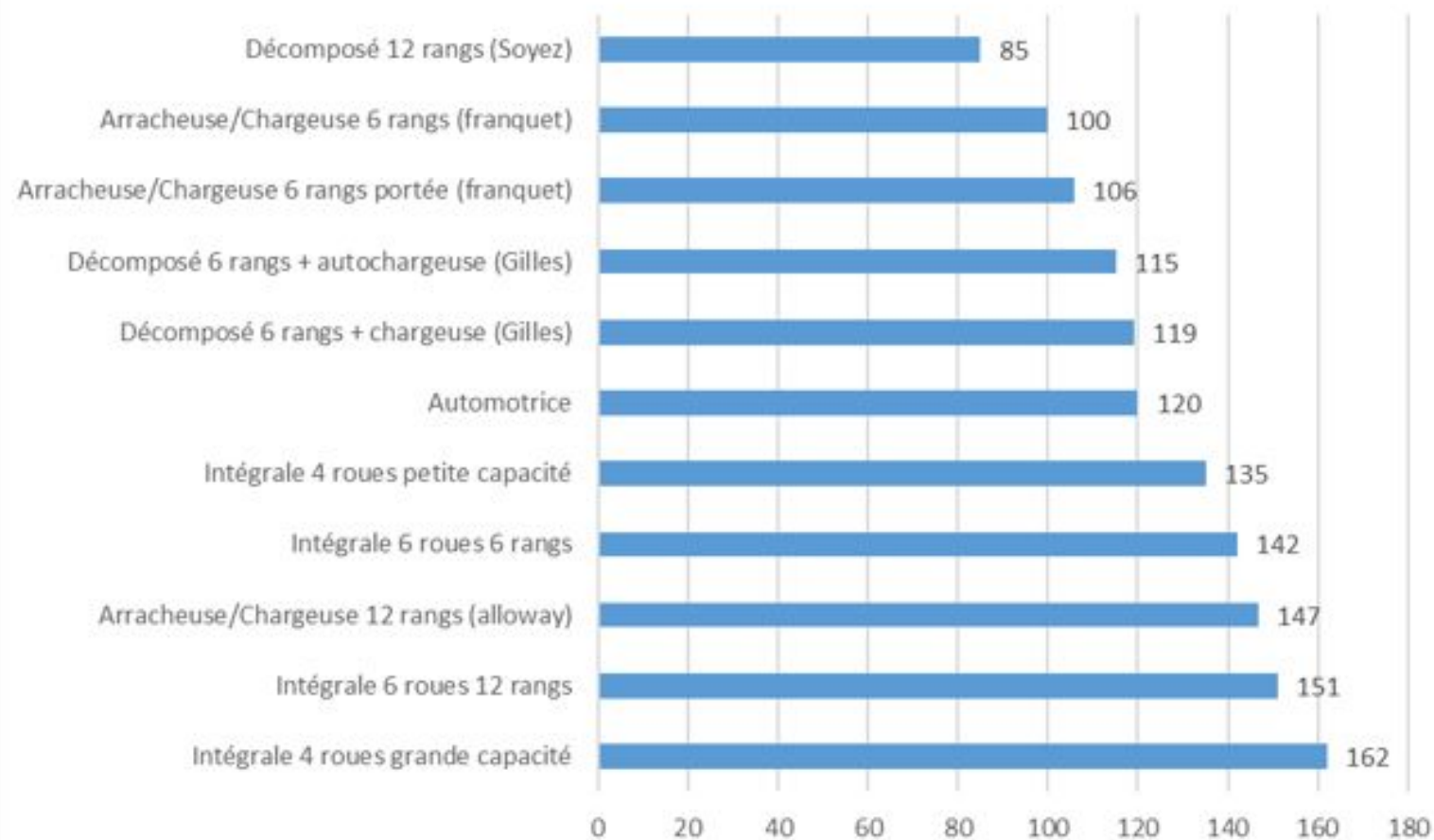
Variables qui influent : Poids à la roue, dimension des pneumatiques et la pression

Indicateur de risque de tassement en surface

Pas d'effet du pneumatique sur le tassement en profondeur



Contraite exercée au sol en Kpa

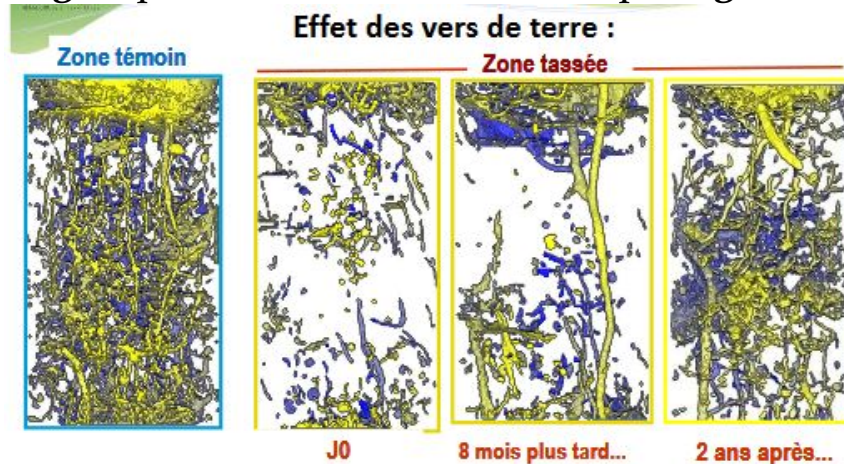




La gestion du trafic

Définition: Prise en considération du pourcentage de surface foulée dans le champs

Objectif: Être le plus léger (poids) et faible nombre de passage (% surface foulée)



Variables qui influent : Poids à la roue x intensité passage, largeur d'arrachage, type de marche

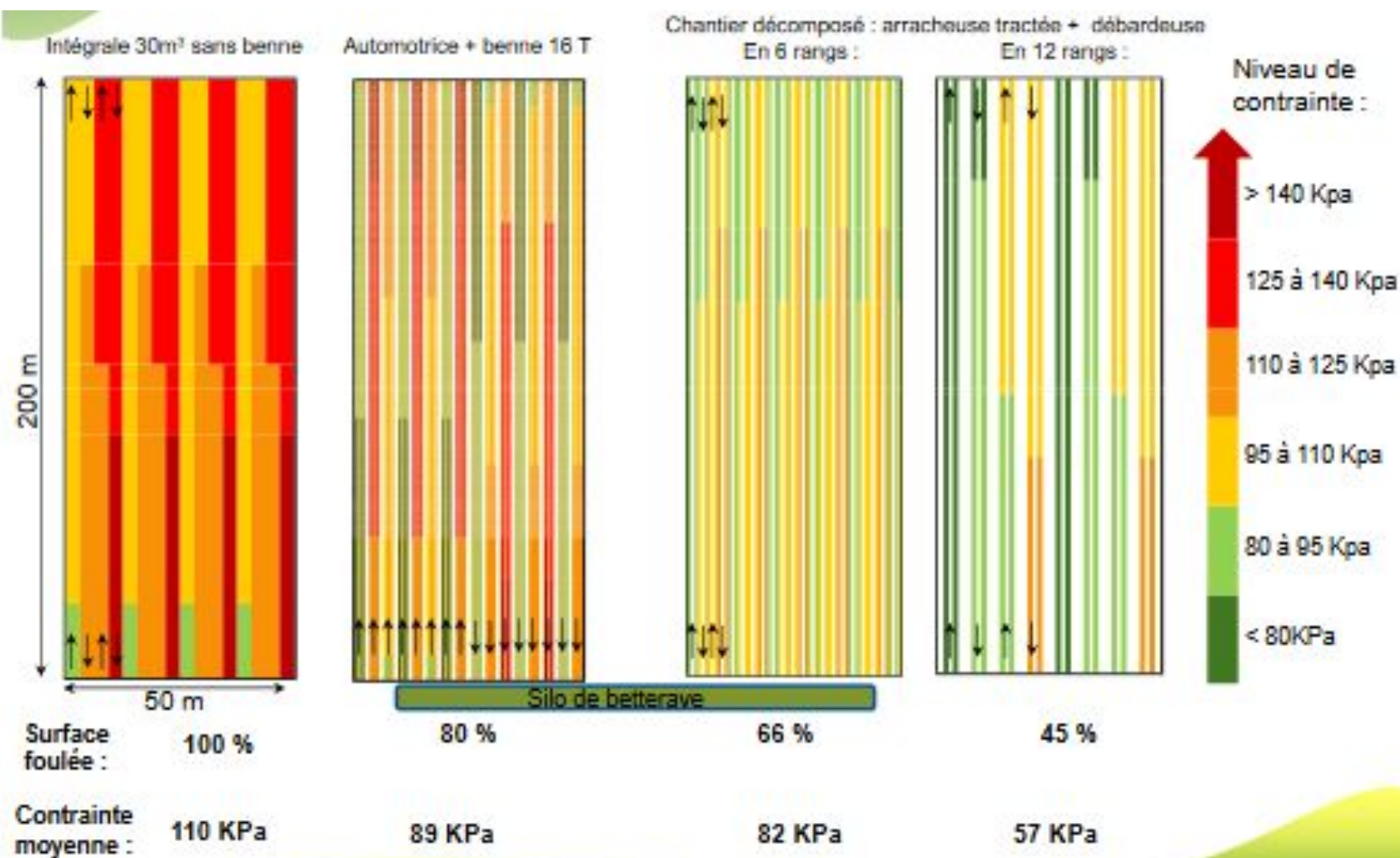
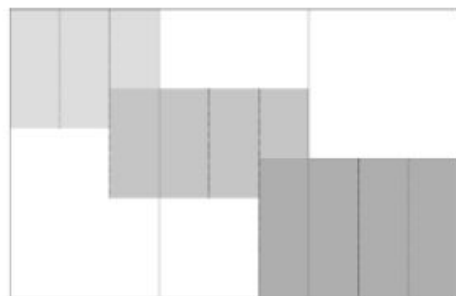
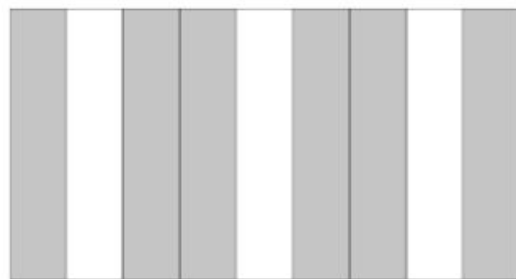


Illustration d'optimisation de la surface impactée par le tassement en récolte de betterave (interrang de 50 cm)



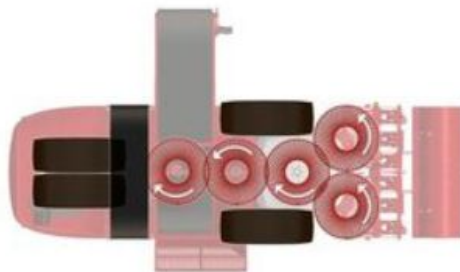
Intégrale 6 rangs en crabe :
100 % de la parcelle roulée



Intégrale 6 rangs roue dans roue :
67 % de la parcelle roulée



Intégrale 9 rangs roue dans roue :
45 % de la parcelle roulée



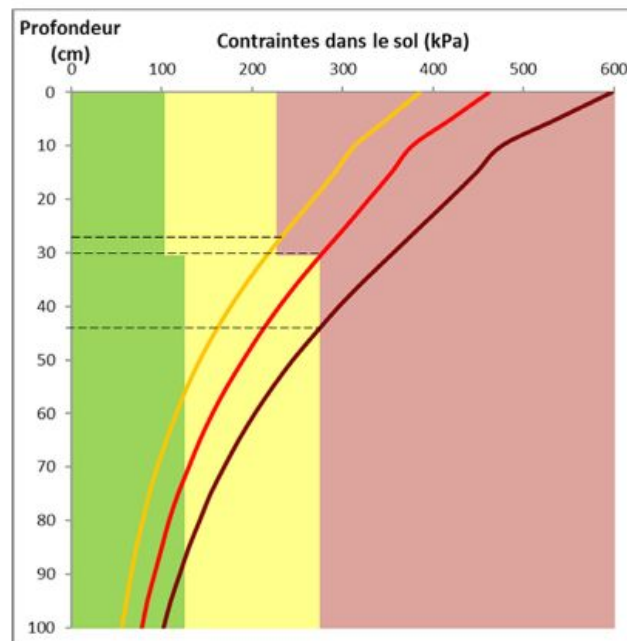
Quelles leviers pour l'ensemble de nos contraintes ?

- Le poids à l'essieu → Diminuer la charge de la machine à vide
 - Avoir des petites capacités de trémie ou gérer son remplissage
 - Augmenter le nombre d'essieu (meilleure répartition des charges)
- La contrainte exercée au sol: → Diminuer la charge à l'essieu/roue de la machine
 - Augmenter la surface de contact avec le sol (pneu plus large)
 - Diminuer la pression des pneus (système basse pression)
- La gestion du trafic: → Augmenter la largeur d'arrachage (avenir du 8, 9, 10, 12 rangs ?)
 - Privilégier des marches droites sur des outils lourds

Gestion du remplissage de la trémie de l'intégrale à betterave pour limiter le risque de tassement profond

- Intégrale à vide (7,5 t / roue)
= Risque élevé de tassement jusqu'à 28 cm
- Intégrale à plein (14 t / roue)
= Risque élevé de tassement jusqu'à 42 cm
- Intégrale à mi-charge (10,5 t / roue)
= Risque élevé de tassement jusqu'à 30 cm

Terranimo® indique qu'un remplissage à moitié de la trémie permet de réduire le risque de tassement d'une profondeur de 42 cm (très difficile à reprendre) à 30 cm (reprise possible).



Etude sur les coûts d'arrachage de betteraves





17 critères sélectionnés pour l'étude :

(questionnaire, littérature)

- 90 T/ha, moyenne Française
- Arrachage en condition normale
- Le silo se trouve à 500 m du champ
- La longueur du champ est de 600 m
- La texture de la terre est du limon-argileux
- L'amortissement du matériel de récolte betteravier est de 7 ans.
- Le taux bancaire avec l'assurance décès invalidité est fixé à 1,5%.
- L'utilisation du matériel de récolte betteravier est normale
- L'ensemble du matériel utilisé lors de cette étude est acheté neuf
- Le coût du Gasoil Non Routier est fixé à 0.8 € par litre
- Le SMIC est fixé à 14.58 € par heure avec l'allègement des charges sociales
- Le coût horaire d'un salarié qualifié est de 24.2 €/h
- Le débit de chantier réel par rapport au débit de chantier théorique est fixé à 80%
- Le taux de charges des moteurs est fixé à 0.5 car nous sommes en bonne conditions d'arrachage.
- L'écartement entre les éléments arracheurs est de 45 cm.
- Les bennes utilisées ici, sont soit de 16 ou de 24 T

Description des ensembles

“Toutes choses égales par ailleurs” :

- la vitesse des arracheuses
- la largeur des arracheuses
- La puissance requise du tracteur
- La puissance requise du tracteur qui transporte
- Le nombre de bennes et leurs contenances
- La main d'œuvre nécessaire au bon fonctionnement du principe

→ 13 principes étudiés

Description des systèmes betteravier

Type/marque	Description de l'ensemble	Puissance requise (chevaux)	Puissance du matériel betteravier	Nombre de rang/m de large (6 rang = 2m70 / 12 rang = 5m40)	Vitesse d'avancement (km/h)	Débit de chantier théorique (ha/h)	Débit de chantier MO (ha/h) 80%	Nombre de benne
Arracheuse-chargeuse portée	Effeuilleuse avant et arracheuse-chargeuse à l'arrière portée	200	nd	2.7	5	1.35	1.08	2 bennes 16 T
Arracheuse-chargeuse trainée 6 rangs	Effeuilleuse avant et arracheuse-chargeuse à l'arrière trainée	170	nd	2.7	5	1.35	1.08	2 bennes 16 T
Arracheuse-chargeuse trainée 12 rangs	Effeuilleuse avant et arracheuse-chargeuse à l'arrière trainée 12 rangs	400	nd	5.4	6	3.24	2.592	3 bennes 24 T
Système décomposé : Arracheuse / Chargeuse	Effeuilleuse avant et arracheuse-andaineuse	130	nd	2.7	5	1.35	1.08	nd
	Chargeuse	130	nd	2.7	7	1.89	1.512	2 bennes 16 T
Système décomposé : Arracheuse / Autochargeuse	Effeuilleuse avant et arracheuse-andaineuse	130	nd	2.7	5	1.35	1.08	nd
	Autochargeuse 30 T	280	nd	2.7	15	4.05	3.24	nd
Système Soyez: Arracheuse+tracteur et débardeuse automotrice	Effeuilleuse avant+arracheuse-andaineuse arrière	240+130	130	5.4	5	2.7	2.16	nd
	Débardeuse automotrice 53 T	600	600	5.4	15	8.1	6.48	nd
Automotrice	effeuilleuse-arracheuse-chargeuse automotrice 3 T	342	342	2.7	6	1.62	1.296	2 bennes 24 T
Intégrale 4 roues - petite capacité de trémie	effeuilleuse-arracheuse-débardeuse automotrice 10 T	469	469	2.7	8	2.16	1.728	2 bennes 24 T
Intégrale 4 roues - Grande capacité de trémie	effeuilleuse-arracheuse-débardeuse automotrice 21 T	550	550	2.7	8	2.16	1.728	2 bennes 24 T
Intégrale 6 roues - Grande capacité de trémie- 6 rangs	effeuilleuse-arracheuse-débardeuse automotrice 30 T	626	626	2.7	8	2.16	1.728	2 bennes 24 T
Intégrale 6 roues - Grande capacité de trémie- 12 rangs	effeuilleuse-arracheuse-débardeuse automotrice 30 T	626	626	5.4	5	2.7	2.16	2 bennes 24 T

Charges fixes

Amortissement économique :
la valeur résiduelle fait
diminuer l'amortissement.

Charges fixes									
Prix d'achat	Taux valeur résiduel	Valeur résiduelle	Durée d'amortissement	Amortissement économique	Taux de la banque	Frais financier	Assurance + remisage	Total charge fixe	Total charge fixe par système
140000	0.21	29400	7	15800.0	0.015	1050	980	17830.0	17830.0
200000	0.21	42000	7	22571.4	0.015	1500	1400	25471.4	25471.4
380000	0.21	79800	7	42885.7	0.015	2850	2660	48395.7	48395.7
50000	0.21	10500	7	5642.9	0.015	375	350	6367.9	15282.9
70000	0.21	14700	7	7900.0	0.015	525	490	8915.0	
50000	0.21	10500	7	5642.9	0.015	375	350	6367.9	28655.4
175000	0.21	36750	7	19750.0	0.015	1312.5	1225	22287.5	
228000	0.21	47880	7	25731.4	0.015	1710	2736	30177.4	76502.4
350000	0.21	73500	7	39500.0	0.015	2625	4200	46325.0	
240000	0.21	50400	7	27085.7	0.015	1800	2880	31765.7	31765.7
360000	0.21	75600	7	40628.6	0.015	2700	4320	47648.6	47648.6
460000	0.21	96600	7	51914.3	0.015	3450	5520	60884.3	60884.3
550000	0.21	115500	7	62071.4	0.015	4125	6600	72796.4	72796.4
620000	0.21	130200	7	69971.4	0.015	4650	7440	82061.4	82061.4

Charges variables de l'attelage

- Coût de l'attelage en fonction du débit réel
- Les taux de réparation sont fixés par la FDSEA-Conseil (51)
- Le taux de charge moteur est de 0.5
- le lubrifiant coûte en moyenne 0.13% du coût GNR
- Les pneus coûtent en moyenne 0.003% du prix d'achat

Charges variables

Taux de réparation (en %)	Entretien	Coût GNR	Carburant	lubrifiant	Pneus	Coût à l'h	Coût à l'ha	Coût variables total à l'ha
Effeuilleuse : 0,025 % Arracheuse-chargeuse : 0,015 %	23	0.8	0	0	0.42	23.4	17.3	17.3
Effeuilleuse : 0,025 % Arracheuse-chargeuse : 0,015 %	32	0.8	0	0	0.6	32.6	24.1	24.1
Effeuilleuse : 0,025 % Arracheuse-chargeuse : 0,015 %	62	0.8	0	0	1.14	63.1	19.5	19.5
Effeuilleuse : 0,025 % Arracheuse-aligieuse : 0,04 %	17	0.8	0	0	0.15	17.2	12.7	31.3
Chargeuse-nettoyeuse : 0,05 %	35	0.8	0	0	0.21	35.2	18.6	
Effeuilleuse : 0,025 % Arracheuse - aligieuse : 0,04 %	17	0.8	0	0	0.15	17.2	12.7	34.4
Chargeuse-nettoyeuse : 0,05 %	87.5	0.8	0	0	0.525	88.0	21.7	
Effeuilleuse : 0,025 Arracheuse-aligieuse : 0,04 %	72.5	0.8	13.7	1.78464	0.684	88.7	32.9	60.3
Chargeuse-nettoyeuse : 0,05 %	150	0.8	63.4	8.2	1.05	222.6	27.5	
Arracheuse automotrice : 0,025 %	60	0.8	36.1	4.7	0.72	101.5	62.7	62.7
Arracheuse automotrice : 0,025 %	90	0.8	49.5	6.4	1.08	147.0	68.1	68.1
Arracheuse automotrice : 0,025 %	115	0.8	58.1	7.6	1.38	182.0	84.3	84.3
Arracheuse automotrice : 0,025 %	137.5	0.8	66.1	8.6	1.65	213.8	99.0	99.0
Arracheuse automotrice : 0,025 %	155	0.8	66.1	8.6	1.86	231.6	85.8	85.8

Calcul du coût des tracteurs et ensemble de transport

Type/marque	Description de l'ensemble	Puissance	nd	nd	Prix d'achat	Taux valeur résiduel	Valeur résiduelle	Durée amortissement	Amortissement économique	Taux de la banque	Frais financier moyen	Assurance remisage	Total charge fixe/700 heures	
Ensemble de transport 16 T	Tracteur + benne 16 T	150			100000+22000	tracteur: 0,21 benne: 0,478	31516	7	12926	0.015	915	1354	21.7	
					122000									
Ensemble de transport 24 T	Tracteur + benne 24 T	210			160000+35000	tracteur: 0,21 benne: 0,478	50330	7	20667	0.015	1462.5	2165	34.7	
					195000									
Tracteur		130			90000	0.21	18900	7	10157	0.015	675	1080	17.02	
Tracteur		170			110000	0.21	23100	7	12414	0.015	825	1320	20.80	
Tracteur		240			170000	0.21	35700	7	19186	0.015	1275	2040	32.14	
Tracteur		200			150000	0.21	31500	7	16929	0.015	1125	1800	28.36	
Tracteur		280			180000	0.21	37800	7	20314	0.015	1350	2160	34.03	
Tracteur		400			240000	0.21	50400	7	27086	0.015	1800	2880	45.38	

Taux de réparation	Entretien	Coût GNR	Carburant	Lubrifiant	Pneu	Total charge variable/h	EN TOUT Coût par h
Tracteur : 0,003 % Benne : 0,005 %	4.1	0.8	13.2	1.716	0.366	19.4	41.1
Tracteur : 0,003 % Benne : 0,005 %	6.55	0.8	18.48	2.4024	0.585	28.0	62.7
0.003	2.7	0.8	11.44	0.14872	0.27	14.56	31.58
0.003	3.3	0.8	14.96	0.19448	0.33	18.78	39.58
0.003	5.1	0.8	21.12	0.27456	0.51	27.00	59.15
0.003	4.5	0.8	17.6	0.2288	0.45	22.78	51.14
0.003	5.4	0.8	24.64	0.32032	0.54	30.90	64.94
0.003	7.2	0.8	35.2	0.4576	0.72	43.58	88.96

Charges variables : traction, transport et salariale

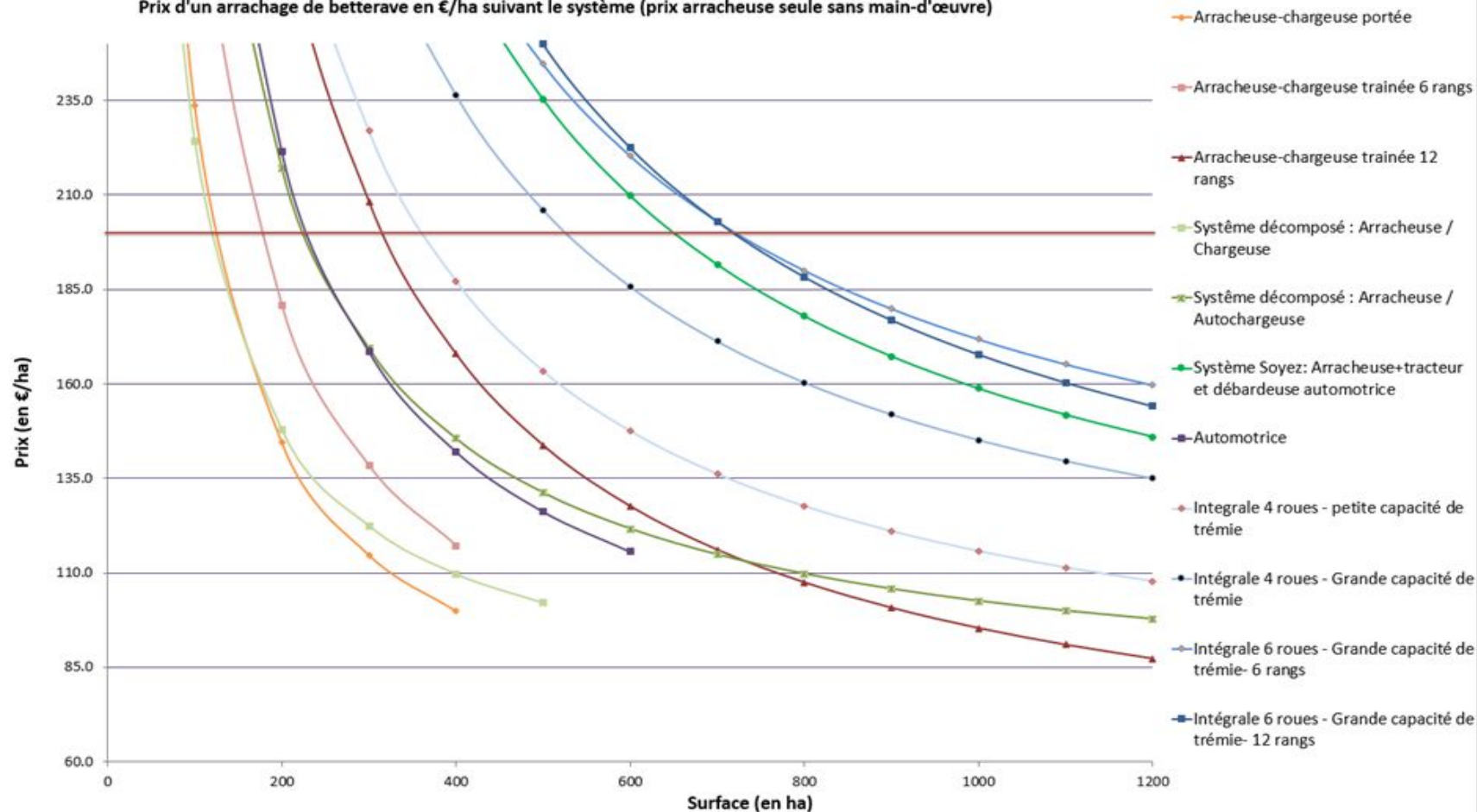
- Coût traction et transport en fonction du débit théorique
- Coût salarial en fonction du débit de chantier réel

Coût traction			Coût transport		Coût salarial			
Coût à l'h avec traction	Coût à l'ha traction	Coût à l'ha traction du système	Coût transport/h	Coût transport/ha	nbr et type d'ouvrier	Salaire total /h	Salaire total /ha	Salaire total principe /ha
51.14	37.9	37.9	82.18	60.9	2 SMIC + 1 qualifié	51.7	47.8	47.8
39.6	29.3	29.3	82.18	60.9	2 SMIC + 1 qualifié	51.7	47.8	47.8
89.0	27.5	27.5	188.17	58.1	3 SMIC + 1 qualifié	65.4	25.2	25.2
31.6	23.4	40.1	82.2	60.87	1 qualifié	24.2	22.4	56.6
31.6	16.7				2 SMIC + 1 qualifié	51.7	34.2	
31.6	23.4	39.4		-	1 qualifié	24.2	22.4	29.9
64.9	16.0				1 qualifié	24.2	7.5	
59.1	21.9	21.9		-	1 qualifié	24.2	11.2	14.9
-	-				1 qualifié	24.2	3.7	
-	-	-	125.4	77.44	2 SMIC + 1 qualifié	51.7	39.9	39.9
-	-	-	125.4	58.08	2 SMIC + 1 qualifié	51.7	29.9	29.9
-	-	-	125.4	58.08	2 SMIC + 1 qualifié	51.7	29.9	29.9
-	-	-	125.4	58.08	2 SMIC + 1 qualifié	51.7	29.9	29.9
-	-	-	125.4	46.46	2 SMIC + 1 qualifié	51.7	23.9	23.9

Les charges fixes sont divisées par le nombre d'hectares et additionnées aux charges variables.

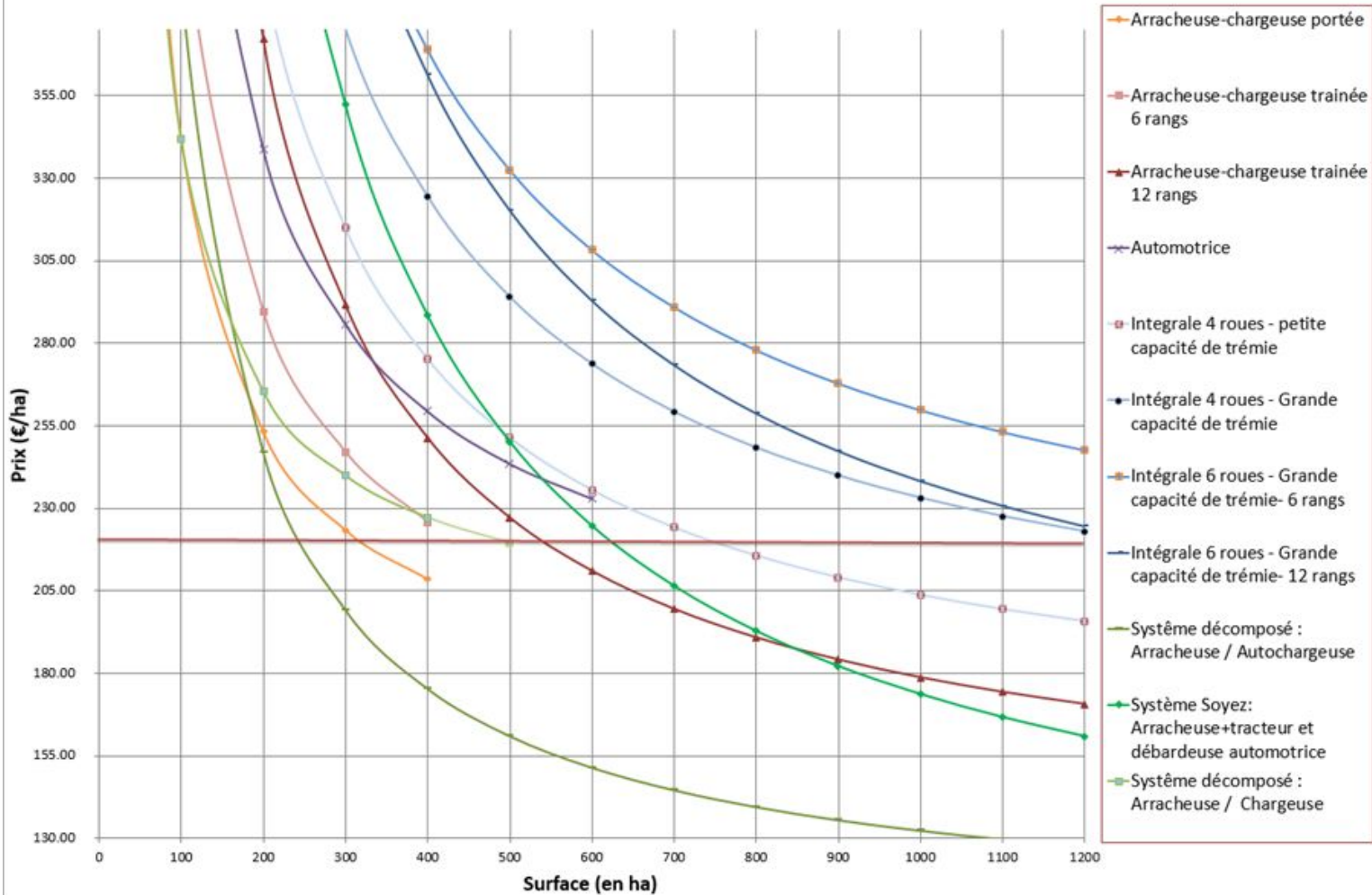
Coût avec Arracheuse SEULE													
Hectare	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Arracheuse-chargeuse portée	411.8	233.5	144.4	114.7	99.8								
Arracheuse-chargeuse trainée 6 rangs	562.9	308.2	180.8	138.4	117.1								
Arracheuse-chargeuse trainée 12 rangs	1014.9	550.9	288.9	208.3	167.9	143.7	127.6	116.1	107.4	100.7	95.3	90.9	87.3
Système décomposé : Arracheuse / Chargeuse	377.1	224.3	147.8	122.4	109.6	102.0							
Système décomposé : Arracheuse / Autochargeuse	647.0	360.4	217.1	169.4	145.3	131.2	121.6	114.8	109.7	105.7	102.5	99.9	97.7
Système Soyer : Arracheuse+tracteur et débardeuse automatique	1612.3	847.3	484.8	337.3	273.5	235.2	209.7	191.5	177.9	167.2	158.7	151.8	146.0
Automotrice	696.0	380.3	221.5	168.6	142.1	126.2	115.6						
Intégrale 4 roues - petite capacité de trémie	1021.0	544.6	306.3	226.9	187.2	163.4	147.5	136.1	127.6	121.0	115.7	111.4	107.8
Intégrale 4 roues - Grande capacité de trémie	1301.9	693.1	388.7	287.2	236.3	206.0	185.7	171.2	160.4	151.9	145.1	139.6	135.0
Intégrale 6 roues - Grande capacité de trémie- 6 rangs	1554.9	827.0	463.0	341.7	281.0	244.6	220.3	205.0	190.0	179.9	171.8	165.2	159.7
Intégrale 6 roues - Grande capacité de trémie- 12 rangs	1727.0	906.4	496.1	359.3	290.9	249.9	221.5	205.0	188.3	176.9	167.8	160.4	154.1

Prix d'un arrachage de betterave en €/ha suivant le système (prix arracheuse seule sans main-d'œuvre)



Plus le coefficient directeur de la courbe est faible, plus le système est optimisé en hectare

Prix d'un arrachage de betterave en €/ha suivant le système (machine, transport, main-d'œuvre compris)

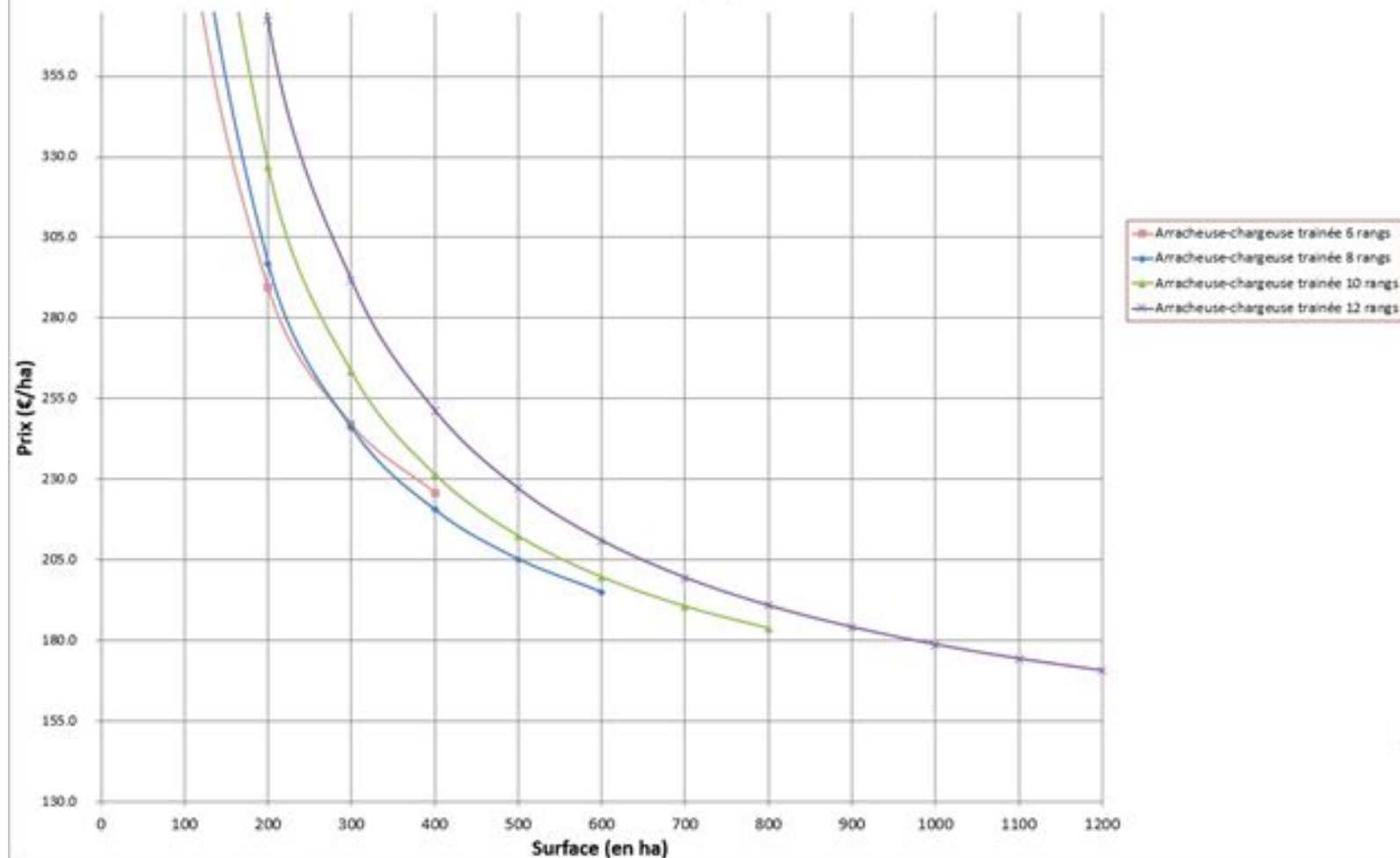


Le coût d'arrachage en fonction du nombre de rangs

Description des systèmes betteraviers									Charges fixes									
Type/marque	Description de l'ensemble	Puissance requise (chevaux)	Puissance du matériel betteravier	Nombre de rang/m de large (6 rang = 2x70 / 12)	Vitesse d'avancement (km/h)	Débit de chantier théorique (t/ha/h)	Débit de chantier MO (t/ha/h) 80%	Nombre de benne	Prix d'achat	Taux valeur résiduel	Valeur résiduelle	Durée d'amortissement	Amortissement économique	Taux de la banque	Frais financier	Assurance + remisage	Total charge fixe	Total charge fixe par système
Arracheuse-chargeuse portée	Effeuillezuse avant et arracheuse-chargeuse à l'arrière portée	200	nd	2,7	5	1,33	1,08	2 bennes 33 t	140000	0,21	29400	7	15800,0	0,015	1090	980	17830,0	17830,0
Arracheuse-chargeuse bâchée 6 rangs	Effeuillezuse avant et arracheuse-chargeuse à l'arrière bâchée	170	nd	2,7	5	1,33	1,08	2 bennes 33 t	200000	0,21	42000	7	22571,4	0,015	1500	1400	25471,4	25471,4
Arracheuse-chargeuse bâchée 8 rangs	Effeuillezuse avant et arracheuse-chargeuse à l'arrière bâchée 8 rangs	200	nd	3,6	5	1,8	1,44	1 benne 36 t / 1 benne 24 t	240000	0,21	50400	7	27085,7	0,015	1800	1680	30565,7	30565,7
Arracheuse-chargeuse bâchée 10 rangs	Effeuillezuse avant et arracheuse-chargeuse à l'arrière bâchée 10 rangs	280	nd	4,5	5	2,25	1,8	1 benne 24 t	300000	0,21	63000	7	33857,1	0,015	2100	1980	38037,1	38037,1
Arracheuse-chargeuse bâchée 12 rangs	Effeuillezuse avant et arracheuse-chargeuse à l'arrière bâchée 12 rangs	400	nd	5,4	6	3,24	2,59	1 benne 24 t	350000	0,21	73500	7	42357,1	0,015	2800	2680	48537,1	48537,1

Charges variables									Coût traction			Coût transport		Coût salarial				
Taux de réparation (en %)	Entretien	Coût GNR	Carburant	Lubrifiants	Pneus	Coût à l'ha	Coût à l'ha	Coût variable à l'ha	Coût à l'ha avec traction	Coût à l'ha traction	Coût à l'ha traction du système	Coût transport/h	Coût transport /ha	Nbr et type d'ouvrier	Salaires total /h	Salaires total /ha	Salaires total principe /ha	Total par ha charge variable
Effeuillezuse : 0,025 % Arracheuse-chargeuse : 0,015 %	23	0,8	0	0	0,42	23,4	17,3	17,3	51,14	37,9	37,9	82,18	60,9	2 SMIC + 1 qualifié	51,7	47,8	47,8	163,9
Effeuillezuse : 0,025 % Arracheuse-chargeuse : 0,015 %	32	0,8	0	0	0,6	32,6	24,1	24,1	39,6	29,3	29,3	82,18	60,9	2 SMIC + 1 qualifié	51,7	47,8	47,8	162,2
Effeuillezuse : 0,025 % Arracheuse-chargeuse : 0,015 %	39	0,8	0	0	0,72	39,7	22,1	22,1	51,1	26,4	26,4	103,81	57,7	2 SMIC + 1 qualifié	51,7	35,9	35,9	144,0
Effeuillezuse : 0,025 % Arracheuse-chargeuse : 0,015 %	50	0,8	0	0	0,9	50,9	18,9	18,9	59,7	36,9	36,9	125,48	55,6	2 SMIC + 1 qualifié	51,7	28,1	28,1	139,5
Effeuillezuse : 0,025 % Arracheuse-chargeuse : 0,015 %	62	0,8	0	0	1,14	61,1	16,3	16,3	69,0	27,3	27,3	188,17	58,1	3 SMIC + 1 qualifié	65,4	25,2	25,2	130,2

Prix d'un arrachage de betterave en système trainée €/ha suivant la largeur de la machine, transport, main-d'œuvre compris)



Comparaison des coûts d'arrachage en fonction des rendements

Coût arrachage tout compris (traction, machine, transport, main-d'œuvre) 80 Tonnes ha en €/T

Hectare	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Arracheuse-chargeuse portée	6.51	4.18	3.16	2.79	2.61								
Arracheuse-chargeuse trainée 6 rangs	6.40	3.21	3.62	3.09	2.82								
Arracheuse-chargeuse trainée 8 rangs	6.44	3.62	3.71	3.07	2.76	2.56	2.44						
Arracheuse-chargeuse trainée 10 rangs	11.25	6.48	4.09	3.29	2.89	2.65	2.50	2.38	2.30				
Arracheuse-chargeuse trainée 12 rangs	13.73	7.68	4.65	3.64	3.14	2.84	2.64	2.49	2.38	2.30	2.21	2.18	2.13
Système décomposé : Arracheuse / Chargeuse	6.18	4.27	3.32	3.00	2.84	2.74							
Système décomposé : Arracheuse / Autochargeuse	8.48	4.88	3.08	2.49	2.19	2.01	1.89	1.81	1.74	1.69	1.65	1.62	1.60
Système Sayer Arracheuse+tracteur et déchargeuse automatique	20.34	10.78	6.00	4.40	3.61	3.13	2.81	2.58	2.41	2.28	2.17	2.08	2.01
Automotrice	10.19	6.22	4.23	3.37	3.24	3.04	2.91						
Intégrale 4 roues - petite capacité de trémie	13.96	7.91	4.93	3.94	3.44	3.14	2.94	2.80	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45
Intégrale 4 roues - Grande capacité de trémie	17.37	9.76	5.96	4.69	4.06	3.68	3.42	3.24	3.10	3.00	2.91	2.84	2.79
Intégrale 6 roues - Grande capacité de trémie-6 rangs	20.54	11.44	6.89	5.37	4.61	4.16	3.85	3.64	3.47	3.35	3.25	3.16	3.10
Intégrale 6 roues - Grande capacité de trémie-12 rangs	22.47	12.21	7.08	5.37	4.52	4.00	3.66	3.42	3.25	3.09	2.98	2.88	2.81

Coût arrachage tout compris (traction, machine, transport, main-d'œuvre) 110 Tonnes ha en €/T

Hectare	50	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Arracheuse-chargeuse portée	4.73	3.11	2.30	2.05	1.90								
Arracheuse-chargeuse trainée 6 rangs	6.11	3.79	2.63	2.25	2.05								
Arracheuse-chargeuse trainée 8 rangs	6.87	4.09	2.70	2.24	2.00	1.87	1.77						
Arracheuse-chargeuse trainée 10 rangs	8.18	4.71	2.97	2.39	2.10	1.93	1.81	1.73	1.67				
Arracheuse-chargeuse trainée 12 rangs	9.98	5.58	3.38	2.65	2.28	2.06	1.92	1.81	1.73	1.67	1.62	1.58	1.55
Système décomposé : Arracheuse / Chargeuse	4.50	3.11	2.41	2.18	2.06	1.99							
Système décomposé : Arracheuse / Autochargeuse	6.15	3.35	2.25	1.81	1.59	1.46	1.38	1.32	1.27	1.23	1.20	1.18	1.16
Système Sayer: Arracheuse+tracteur et déchargeuse automatique	14.79	7.84	4.36	3.20	2.62	2.27	2.04	1.88	1.75	1.66	1.58	1.52	1.46
Automotrice	7.41	4.52	3.08	2.60	2.36	2.21	2.12						
Intégrale 4 roues - petite capacité de trémie	10.08	5.75	3.38	2.86	2.50	2.28	2.14	2.04	1.96	1.90	1.85	1.81	1.78
Intégrale 4 roues - Grande capacité de trémie	12.64	7.10	4.33	3.41	2.99	2.67	2.49	2.36	2.26	2.18	2.12	2.07	2.03
Intégrale 6 roues - Grande capacité de trémie-6 rangs	14.94	8.32	5.01	3.91	3.35	3.02	2.80	2.65	2.53	2.44	2.36	2.30	2.25
Intégrale 6 roues - Grande capacité de trémie-12 rangs	16.34	8.88	5.15	3.91	3.28	2.91	2.66	2.49	2.35	2.25	2.17	2.10	2.04

1	Médiocre
2	Mauvais
3	Moyen
4	Bon
5	Très bon

	Tassement (poids à la roue / contrainte au sol)	Intensification du trafic (nombre d'ensemble X surface foulée)	Coût d'arrachage	Main d'œuvre	Entretien	Arrachage extrême	Parcellaire (Empointage, fourrière, pointe)	Tare terre	Besoin en traction
Système décomposé : Arracheuse / Auto chargeuse	4	5	5	4	4	4	4	4	3
Système Soyez : Arracheuse+tracteur et débardeuse automotrice	4	5	4	5	3	5	3	5	2
Intégrale 4 roues - petite capacité de trémie	3	3	3	4	2	3	5	5	2
Intégrale 6 roues - Grande capacité de trémie- 12 rangs	3	3	2	4	1	4	5	5	2
Intégrale 4 roues - Grande capacité de trémie	1	3	2	4	1	4	5	5	2
Intégrale 6 roues - Grande capacité de trémie- 6 rangs	2	3	1	4	1	4	5	5	2
Arracheuse- chargeuse trainée 6 rangs	4	2	3	2	4	2	1	3	5
Arracheuse- chargeuse trainée 12 rangs	4	2	4	4	5	2	1	3	1
Automotrice	3	3	3	2	3	3	3	3	3
Arracheuse- chargeuse portée	4	2	3	2	4	1	4	1	4
Système décomposé : Arracheuse / Chargeuse	4	1	3	1	4	2	2	3	3



Concepts	Note /20
Système décomposé : Arracheuse / Autochargeuse	16,4
Système Soyez: Arracheuse+tracteur et débardeuse automotrice	16,0
Intégrale 4 roues - petite capacité de trémie	13,3
Intégrale 6 roues - Grande capacité de trémie- 12 rangs	12,9
Arracheuse-chargeuse portée	12,0
Intégrale 4 roues - Grande capacité de trémie	12,0
Intégrale 6 roues - Grande capacité de trémie- 6 rangs	12,0
Arracheuse-chargeuse trainée 6 rangs	11,6
Arracheuse-chargeuse trainée 12 rangs	11,6
Automotrice	11,6
Système décomposé : Arracheuse / Chargeuse	10,2



Conclusion sur l'étude des coûts d'arrachage

- “Obligation” d'optimisation des principes
- Plus la machines coûte chère plus il faut arracher d'hectare
- Les chantiers décomposés sont performants
- En conditions extrêmes, préférez les intégrales petites capacités
- Les petites machines ont des charges variables élevées
- Le principe intégrale coûte très chère même en diluant avec les hectares
- La largeur d'arrachage fait diminuer le coût d'arrachage
- Le rendement fait influencer le coût d'arrachage de plus de 25 %

→ Il faut choisir son chantier d'arrachage en fonction de ses finalités et des ses atouts et contraintes.



Conclusion

- Machine à récolte la plus utilisée en France : l'**intégrale**
→ Des avantages comme des inconvénients
- Contexte actuel : *comment faire pour renouveler son matériel à récolte face à ce contexte économique ?*
→ Réduction des “options” actuelles
- Corrélation entre tassement de sol et le coût d'arrachage
- Vers un Outil d'Aide à la Décision ?