

2022

INNOSOL'LEG ACS :

Pratiques Innovantes de gestion des Sols adaptées aux systèmes légumiers normands basées sur l'Agriculture de Conservation des Sols

Essai de carottes sur buttes enherbées

OBJECTIF

Dans le Nord de la France et en Belgique, les producteurs de pommes de terre en agriculture de conservation des sols (ACS) ont développé une nouvelle technique permettant de se passer de labour et de limiter le travail du sol au printemps. Le travail du sol profond se fait en fin d'été/début automne lorsque la terre peut encore être reprise avant l'hiver. Ensuite, des buttes sont formées avec implantation d'un couvert pour l'hiver. C'est ce couvert qui va permettre la structuration du sol durant l'hiver tout en apportant les bénéfices classiques d'un couvert.

Ici, l'objectif de l'essai est de tester la faisabilité de la transposition de cette technique de buttes enherbées sur une culture de carottes et son efficacité pour la gestion des adventices.



MATERIEL ET METHODE

Dispositif expérimental :

- Unité concernée : unité « légumes » du SILEBAN
- Localisation prévisionnelle : plein champ
- Sol : Limono-sableux
- Culture : Carotte
- Date de semis/plantation prévisionnelle :
 - Pour les couverts : semis en septembre (année n-1), destruction en avril (année n)
 - Pour les carottes : semis mi-juin (année n)
- Dispositif expérimental :
 - Type de dispositif : Démonstratif
 - Nombre de répétitions : 2 blocs contenant chacun 2 répétitions (= 4 répétitions au total)
 - Nombre de facteurs :
 - Trois couverts différents à 50 kg/ha :
 - Couvert M1 : SYNER ST de Cérience
 - Couvert M2 : Optimal B de Jouffray-Drillaud (Cérience) + moutarde blanche + phacélie + trèfle d'Alexandrie
 - Couvert M3 : Chlorofiltre 30H de Cérience
 - Deux méthodes de destruction du couvert :
 - Glyphosate en plein
 - Gyrobroyeur
 - Nombre de traitements (= combinaison de modalités) : 6
 - Taille des parcelles élémentaires : 24 buttes de 12 m de long
- Exigences particulières : variété en lien avec le créneau et les conditions de plantation
- Facteurs contrôlés : à l'exception des applications expérimentales, tous les éléments d'itinéraire technique sont équivalents
- Fertilisation : identique pour l'ensemble des modalités, non limitante

Couverts

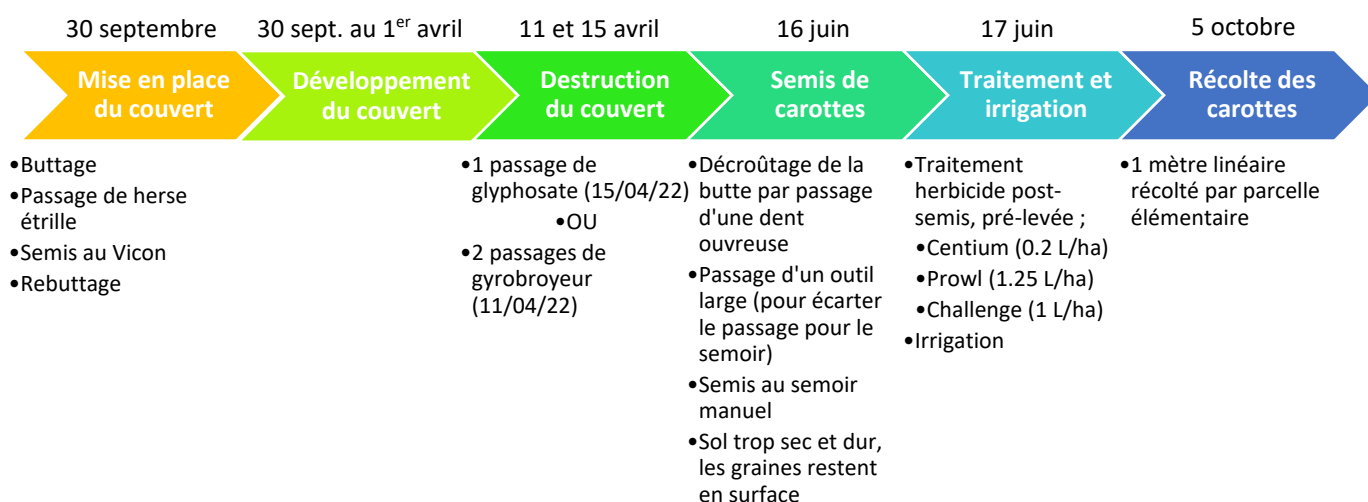
- Date d'implantation : septembre (Année n-1), quand les conditions sont favorables
- Buttage : 24 buttes de 48 m de long, pas de fertilisation
- Mise en place de 3 couverts différents, avec une multiplication par 2 des densités préconisées, soit une densité de semis de 50 kg/ha :
 - Couvert M1 : avoine rude 'Iapar' (48%) / seigle multicaule 'Wastauro' (52%)
 - Couvert M2 : avoine (22,4%) / vesce (48%) / phacélie (10%) / moutarde blanche (19,6%) / trèfle d'Alexandrie
 - Couvert M3 : seigle multicaule 'Wastauro' et 'Tonus' (60%) / vesce commune d'hiver 'Rubis' (30%) / Trèfle incarnat 'Cégalo' (10%)
- Déroulé :
 - Buttage
 - Passage de herse étrille
 - Semis au Vicon
 - Re-buttage / Utilisation de la bineuse AVR pour plaquer les graines sur les flancs de butte
- **Notation de suivi des couverts :**
 - Une notation dans l'hiver
 - Une notation avant destruction des couverts :
 - Biomasse fraîche
 - Biomasse sèche
 - Méthode MERCI
 - + prise d'image des opérations techniques (photos + vidéos)

- **Destruction des couverts :**
 - o Deux mois avant le semis de carottes en direct
 - o **2 modes de destruction sur 24 m (2 parcelles élémentaires par bloc, cf. plan) :**
 - Glyphosate en plein
 - Gyrobroyeur, en 2 passages

Culture de carottes

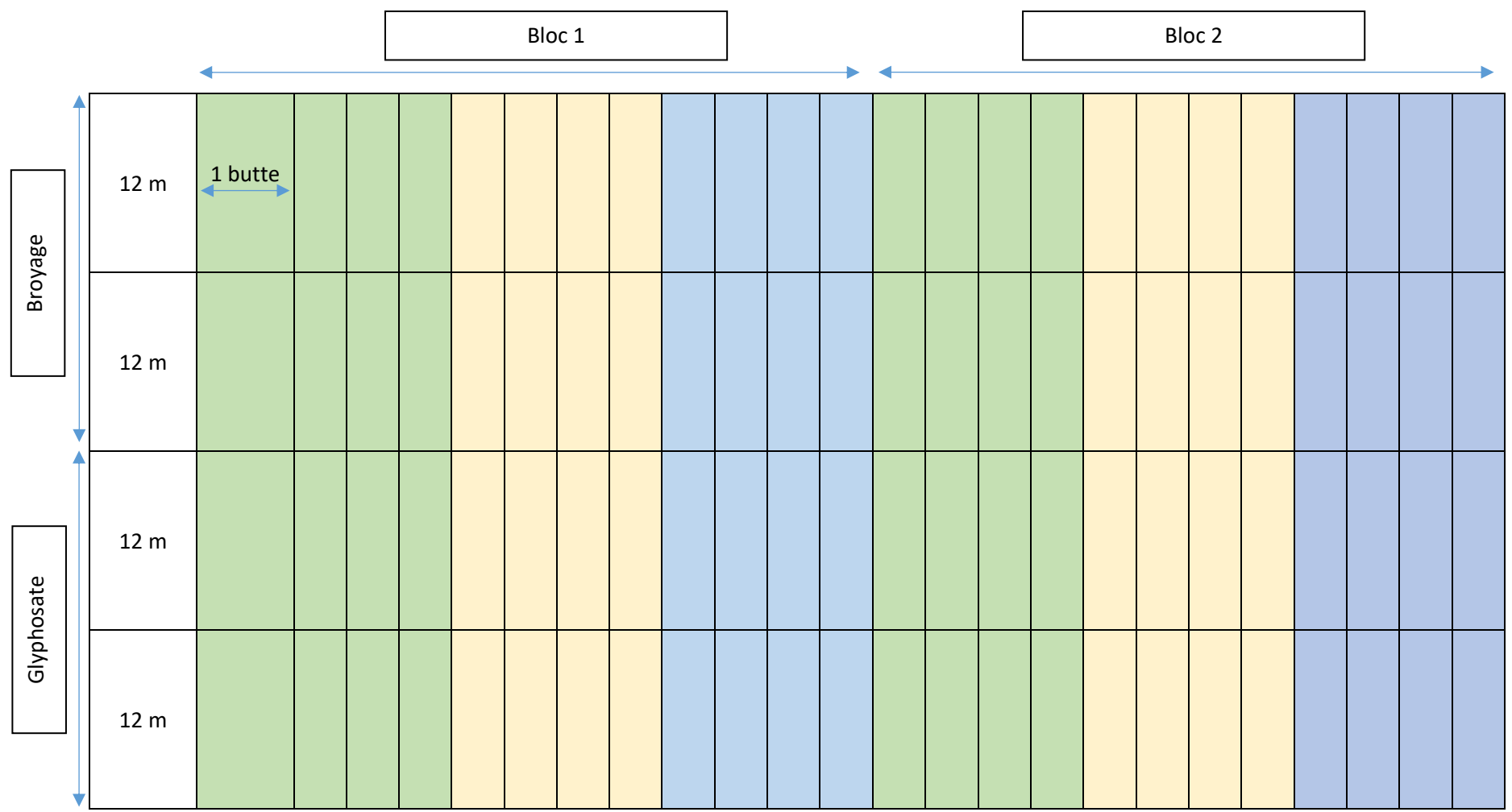
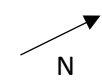
- Date de semis unique : 16 juin 2022
- Variété : 'Polydor'
- **Fertilisation :** sur le haut de butte avec le microgranulateur
- **Semis direct :**
 - o Décroûtage de la butte par passage d'une dent ouvreuse
 - o Passage d'un outil large pour préparer le passage du semoir
 - o Semis au semoir manuel (la terre est trop sèche et dure, les graines restent en surface)
- **Suivi de la culture de carotte :**
 - o Notation de levée :
 - Semis + 15 j
 - Semis + 1 mois
- **Suivi du salissement :**
 - o Notation à 15j
 - o Notation à 1 mois
 - o Notation à récolte
- **Rendement :**
 - o Notation de 1 ml de butte par parcelle élémentaire
 - Catégorie commerciale et non-commerciale
 - Motif de déclassement globalement
 - Nombre et poids de carottes dans chaque catégorie
 - Pour 10 carottes de chaque parcelle élémentaire, longueur et diamètre

Calendrier des actions :



Légende du plan :

	Couvert 1 [M1] : Avoine (48%) / Seigle (52%)
	Couvert 2 [M2] : Avoine (22,4%) / Vesce (48%) / Moutarde blanche (19,6%) / Phacélie (10%) / Trèfle d'Alexandrie
	Couvert 3 [M3] : Seigle multicaule (60%) / vesce commune d'hiver (30%) / trèfle incarnat (10%)



RESULTATS

NB : toutes les barres d'erreurs présentes sur les histogrammes sont des intervalles de confiance à 95%

I. Couverts (septembre n-1 – avril n)

a. Levée du couvert

Une notation de levée du couvert a été réalisée 15 jours après le semis. Les taux de couverture du sol par les couverts sont les suivants :

- Couvert M1 (avoine-seigle) : 60% de couverture \Rightarrow port encore trop droit pour couverture optimale ; absence de germination sur le dessus des buttes
- Couvert M2 (avoine-vesce-phacélie-moutarde-trèfle) : 100% de couverture
- Couvert M3 (trèfle-seigle-vesce) : 30% de couverture \Rightarrow insatisfaisant

Le tableau ci-dessous présente le nombre moyen de plants de chaque espèce relevé sur 1 m² (moyenne réalisée sur 3 placettes de 1 m²). La vesce contenue dans les mélanges M2 et M3 a très peu germé : on en dénombre moins de 3 plants au m² après 15 jours.

Le nombre total de plants au m² par placette fait écho à l'estimation des taux de couverture du sol : plus le nombre de plants est élevé, meilleur est le taux de couverture.

	avoine	seigle	vesce	trèfle	phacélie	moutarde	total	nombre graines théorique semé (Fiche technique semencier)	Taux germination associé
M1	83						83	256	33%
M2	29		3	55	65	32	184		
M3		12	3	44			58	376	15%

Tableau 1 : Densité de plants au m² selon couvert et espèce, 15 jours après semis



Figure 1 : Aspect des couverts M2 (à gauche) et M1 (à droite) six semaines après semis.

b. Développement du couvert : biomasse produite et lutte contre les adventices

Fin mars 2022, soit peu de temps avant la destruction du couvert, une notation a été réalisée sur 3 placettes de 1 m² pour chaque combinaison couvert*bloc. La biomasse aérienne de chaque constituant du couvert et la biomasse aérienne des adventices ont été pesées, ce qui permet de calculer une proportion d'adventices sur la parcelle (Figure 2).

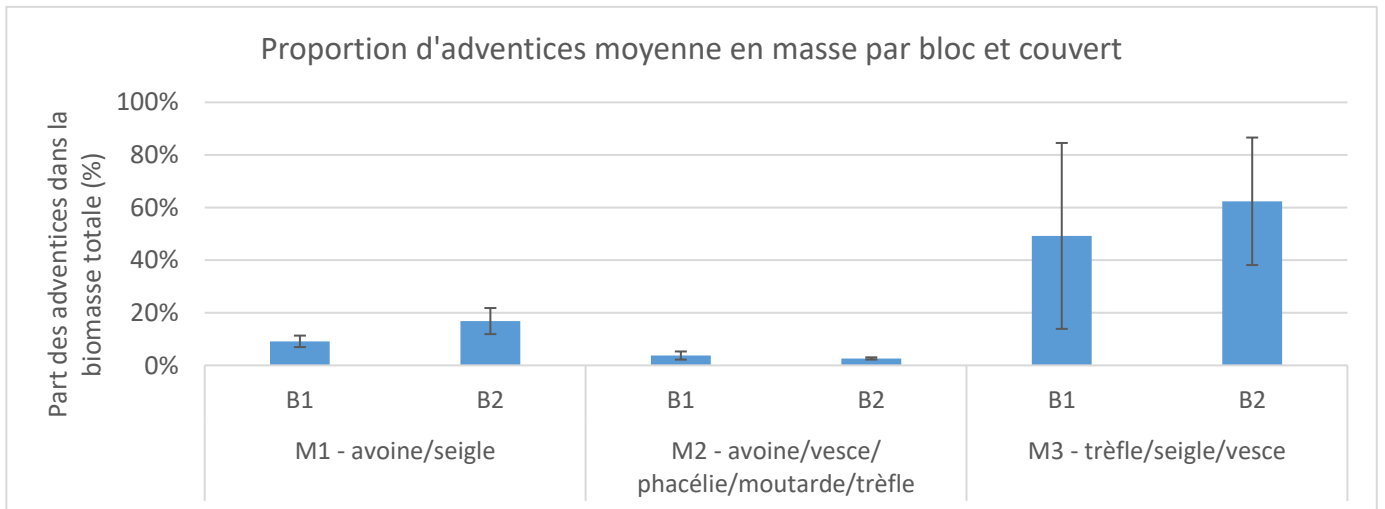


Figure 2 : Histogramme de la proportion d'adventices dans la biomasse aérienne par couvert et par bloc

Le couvert M2 est celui dont l'efficacité est la meilleure pour contrôler les adventices. Les couverts M2 et M3 ont germé uniformément sur les parcelles, tandis que le couvert M1 n'a pas bien germé sur le dessus des buttes (Figure 1). Cependant, il parvient tout de même à bien contrôler les adventices.

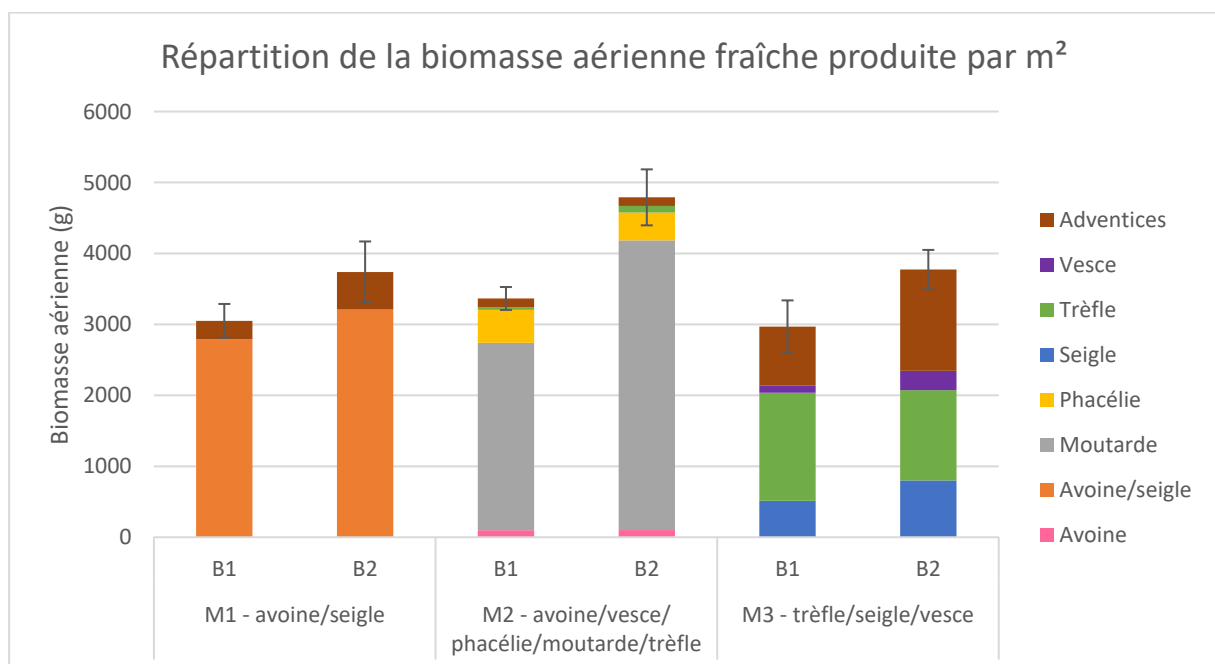


Figure 3 : Répartition spécifique de la biomasse aérienne produite par placette de 1 m²

La Figure 3 présente la répartition en masse de chaque espèce (ou catégorie pour les adventices) selon le couvert et le bloc. Au sein du couvert M2, on observe que la majorité de la biomasse produite est due à la moutarde. C'est donc elle qui semble responsable de la bonne gestion des adventices sur ces parcelles. La vesce s'est peu voire très peu développée dans les couverts M3 et

M2, et la biomasse produite sur les couverts M3 tient presque autant des adventices que du trèfle. Du trèfle est observé dans le couvert M2 en raison de dérive lors du semis.

Ce calcul de la biomasse aérienne totale présente sur la parcelle, y compris les adventices, montre qu'il n'y a pas de différence entre les couverts : entre 3 et 5 kg de biomasse fraîche sont produits par placette de 1 m².

En revanche, si on s'intéresse à la biomasse aérienne produite uniquement par le couvert (en retirant la masse due aux adventices), des différences significatives entre traitements sont mises en évidence par une anova puis par un test de Tukey (Figure 4). Le couvert M2 sur le bloc 2 est significativement plus performant que le couvert M3 sur les deux blocs. La disparité d'un bloc à l'autre au sein des couverts M1 et M2 est probablement due à l'inondation d'une partie du bloc 1 au cours de l'hiver (Figure 5).

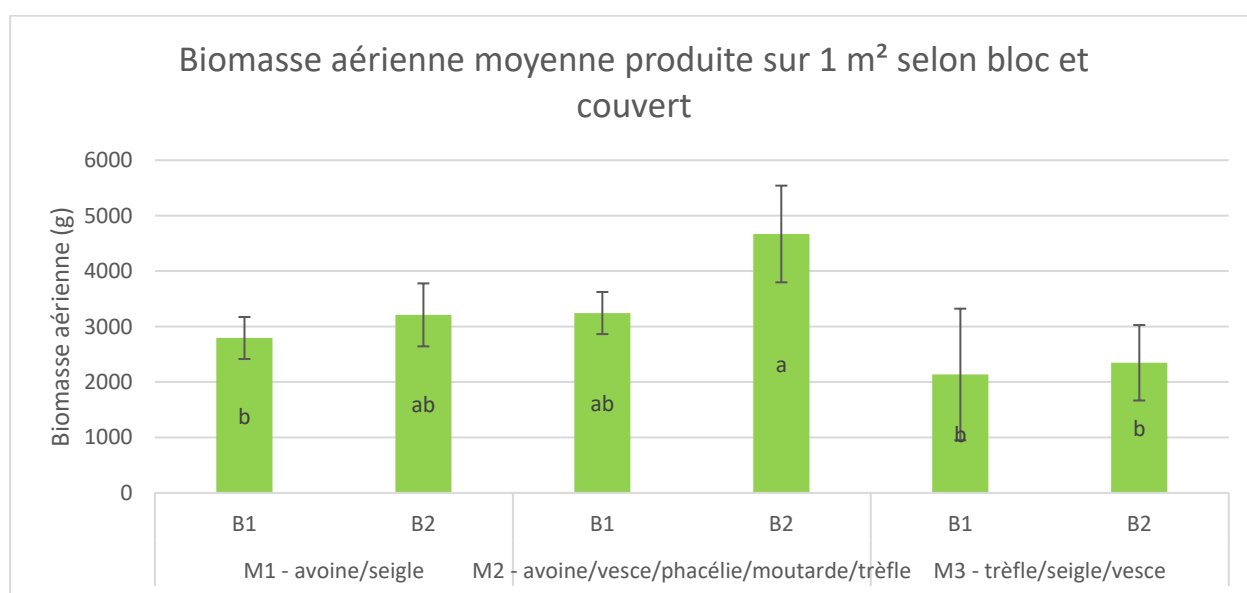


Figure 4 : Biomasse aérienne produite hors adventices sur 1 m². Des lettres différentes indiquent une différence significative selon le test des étendues de Tukey.



Figure 5 : Partie basse du bloc 1 inondée (parcelles élémentaires concernées par la destruction au glyphosate). De gauche à droite, on voit les couverts M1, M2 puis M3 (4 buttes chacun).

c. Composition du couvert (teneur en MS et rapport C/N)

Avant la destruction du couvert, en même temps que la notation de biomasse aérienne analysée précédemment, des prélèvements de chaque couvert ont été réalisés et envoyés en laboratoire pour calcul du rapport C/N. Les valeurs de biomasse fraîche ont également permis d'appliquer la méthode MERCI pour connaître le rendement en matière sèche du couvert et la quantité de matière organique apportée au sol grâce à la destruction du couvert, entre autres paramètres (Tableau 2).

Couvert	Bloc	Laboratoire	méthode MERCI	
		Rapport C/N	mat. sèche aérienne (t/ha)	Evolution M.O. sol (t/ha)
M1 - avoine/seigle	B1	24,1	4,5	1,1
	B2	21,4	4,4	1,1
M2 - avoine/trèfle vesce/phacélie/moutarde	B1	20,5	5,5	1,3
	B2	22,2	7	1,7
M3 - trèfle/seigle/vesce	B1	11,7	2,5	0,6
	B2	12,5	2,5	0,6

Tableau 2 : Quelques caractéristiques des trois couverts testés

Le couvert M3 est celui qui s'est le moins bien développé, c'est donc celui avec le plus faible rendement en matière sèche, mais c'est également celui avec le plus faible rapport C/N. Cela est dû à la présence de trèfle et de vesce dans la composition du couvert : en effet, toutes les Fabacées sont capables de capter et piéger le diazote atmosphérique. Ces plantes sont donc un atout pour limiter la faim d'azote que peut provoquer la décomposition d'un couvert lors de la culture suivante.

Le couvert M2 contient lui aussi du trèfle et de la vesce, mais la Figure 3 montre qu'ils se sont peu développés, ce qui explique un C/N proche de celui du couvert M1, qui ne contient aucune Fabacée.

II. Culture de carottes (juin – octobre)

a. Levée et développement de la culture

Lors du semis (mi-juin), le sol des buttes était très sec et dur : les semences sont restées en surface des buttes, sans être enfoncées ni recouvertes. Les parcelles ont été irriguées pour permettre la germination.

Des irrigations régulières et abondantes ont été faites pour permettre aux carottes de se développer. Elles ont réussi à se développer dans les zones de l'essai peu inondées.

b. Rendement et aspect des carottes

Parmi toutes les carottes récoltées, soit 1 m.l. de butte par parcelle élémentaire, aucune n'est commercialisable. Les causes de déclassement, outre les carottes beaucoup trop petites ou tordues, sont des fourches, des fentes ou du cavity.

La Figure 6 présente les photos de ces carottes en fonction de leur parcelle élémentaire de récolte. Les Figure 7 à Figure 10 montrent la très forte hétérogénéité de ces données d'un bloc à l'autre, à la fois pour le nombre et la masse de carottes récoltées au mètre linéaire.

La très grande variabilité des données d'un bloc à l'autre rend inutile toute analyse statistique plus poussée.

Si on rapporte ces valeurs de récolte à un rendement à l'hectare (Figure 11), la très grande disparité persiste avec des valeurs allant de 4 t/ha à 21 t/ha. Néanmoins, on peut constater que ces valeurs sont toutes très fortement inférieures à ce qui est habituellement attendu pour des carottes,

à savoir entre 80 et 100 t/ha. Pour montrer cette différence importante de rendement, la Figure 12 comporte un témoin cultivé sur buttes nues à proximité et en même temps : le rendement de ce témoin est de l'ordre de 95 t/ha.



Figure 6 : Carottes récoltées sur 1 ml par parcelle élémentaire. Chaque photo est placée sur la zone de l'essai d'où proviennent les carottes.

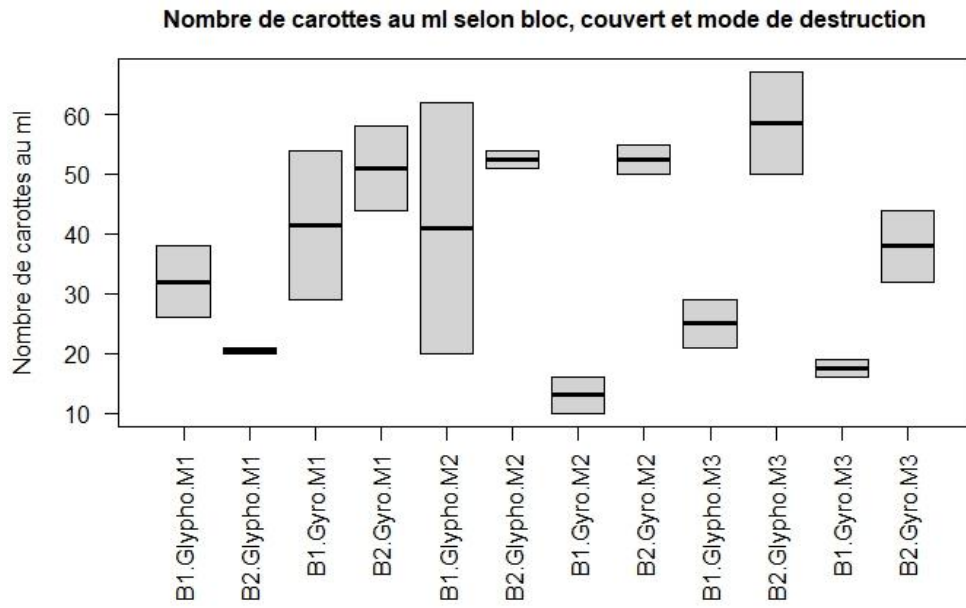


Figure 8 : Boxplot du nombre de carottes récoltées au mètre linéaire

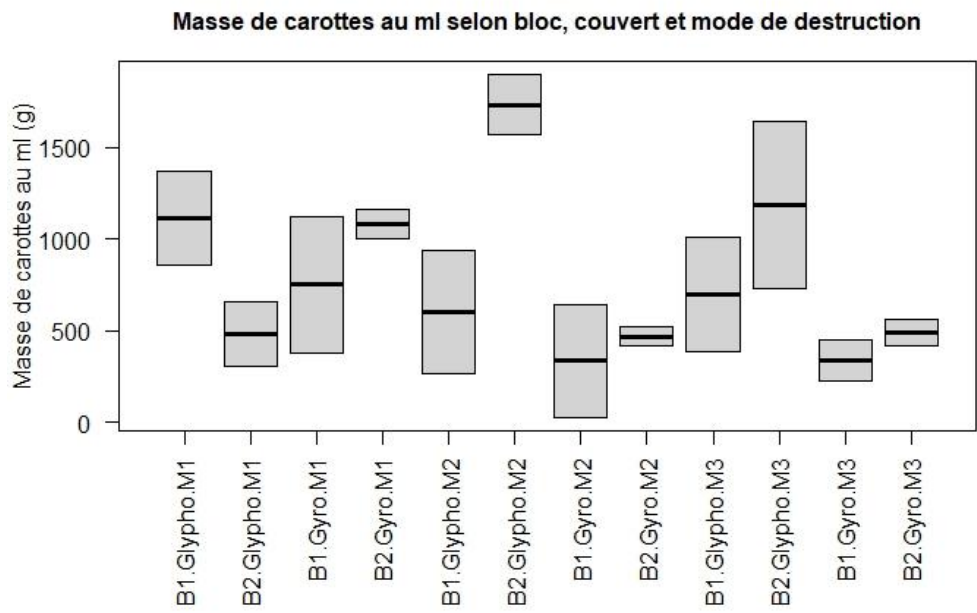


Figure 7 : Boxplot de la masse de carottes récoltées au mètre linéaire

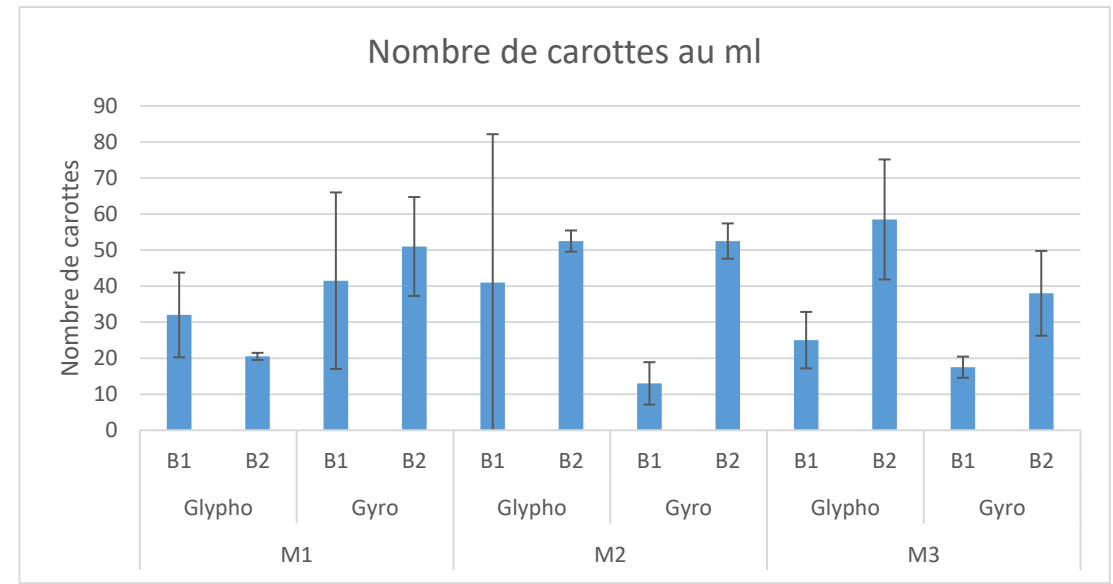


Figure 10 : Histogramme du nombre moyen de carottes récoltées au mètre linéaire

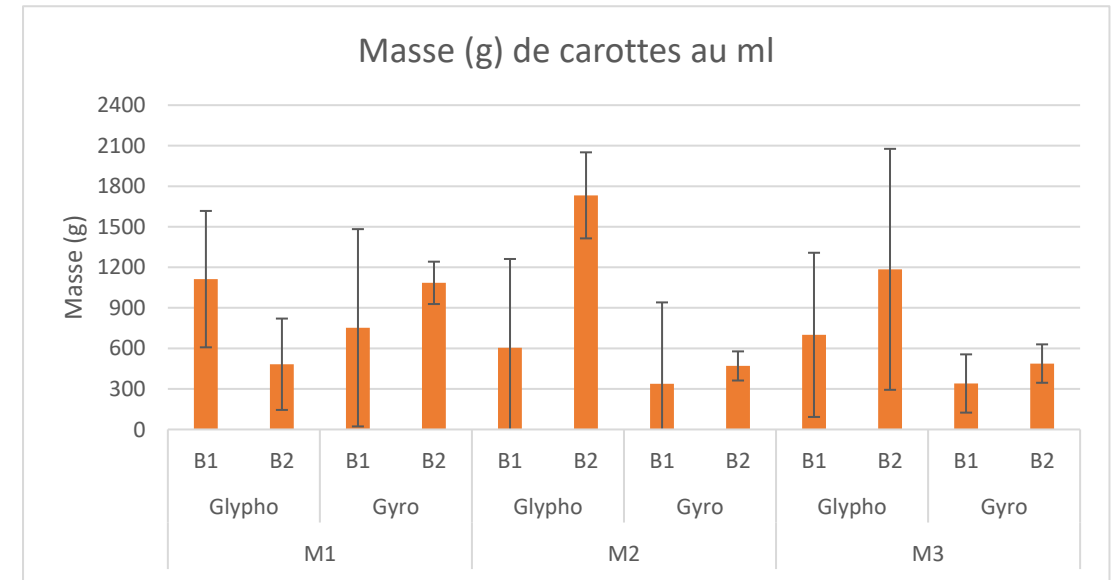


Figure 9 : Histogramme de la masse moyenne de carottes récoltées au mètre linéaire

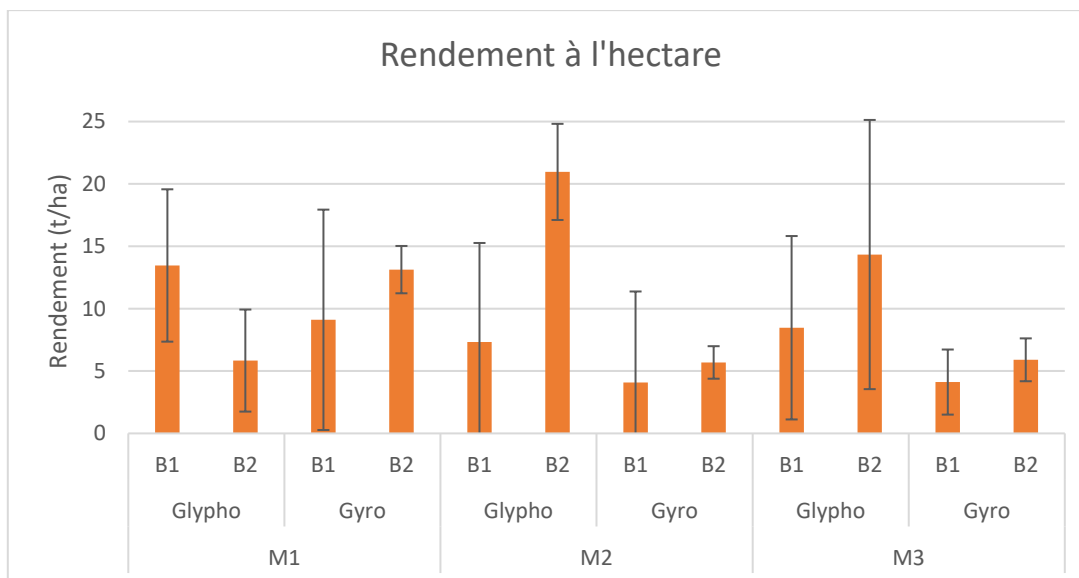


Figure 11: Histogramme du rendement à l'hectare selon couvert et mode de destruction

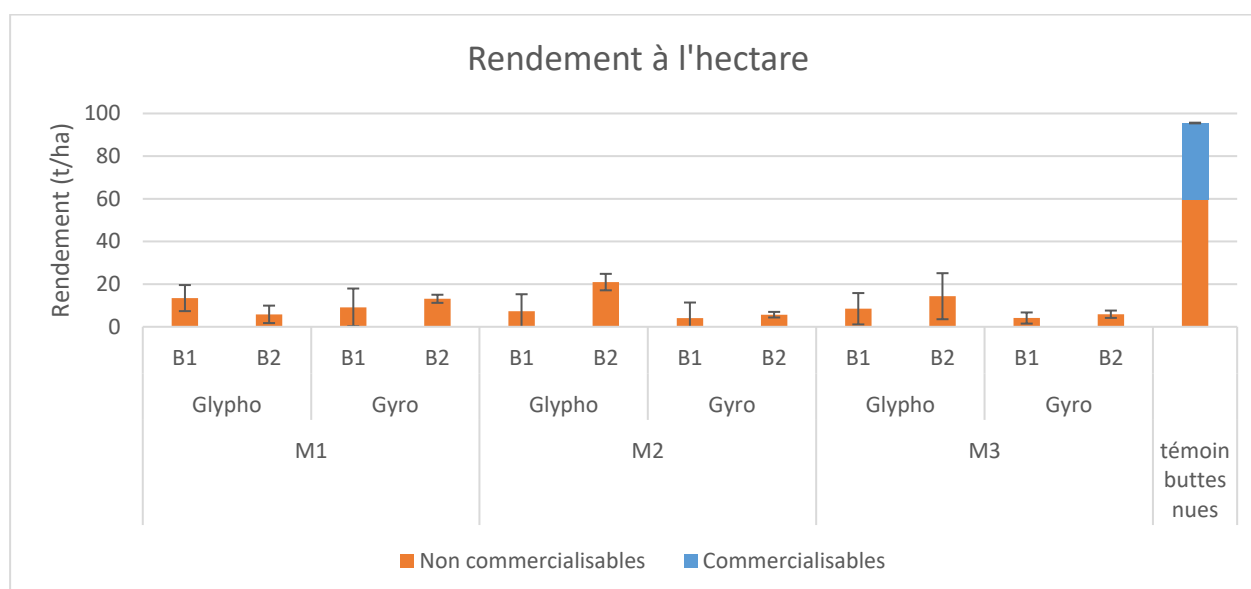


Figure 12 : Histogramme du rendement à l'hectare avec ajout d'un témoin cultivé sur buttes nues

c. Dimensions des carottes

Pour chaque parcelle élémentaire, on a mesuré la longueur et le diamètre de 10 carottes (choisies au hasard). Ces données ont été analysées via une anova puis un test de Tukey, et ont permis de mettre en évidence un effet du type de couvert et du mode de destruction du couvert sur les dimensions des carottes. Pour le diamètre des carottes, le bloc a également un impact significatif (B2>B1), ce qui pourrait être dû à l'inondation d'une partie du bloc 1 durant l'hiver.

Ainsi, le diamètre et la longueur des carottes sont significativement plus importants si le couvert a été détruit au glyphosate.

De même, le diamètre et la longueur des carottes sont significativement plus importants pour le couvert M1 – avoine seigle - que pour le couvert M2 – avoine trèfle vesce phacélie moutarde.

Ces résultats présentent un biais, déjà mentionné: la portion du bloc 1 ayant inondé au cours de l'hiver coïncide avec la zone détruite au glyphosate. Il est donc possible d'attribuer à tort des bénéfices de rapidité de dégradation du couvert au glyphosate, qui seraient en réalité dus à une mort précoce du couvert à cause de l'inondation.

Le test des étendues de Tukey permet également d'attribuer d'évaluer l'existence de différences significatives pour les différentes combinaisons de modalités couvert*destruction. Les résultats de cette analyse sont présentés Figure 13 et Figure 14.

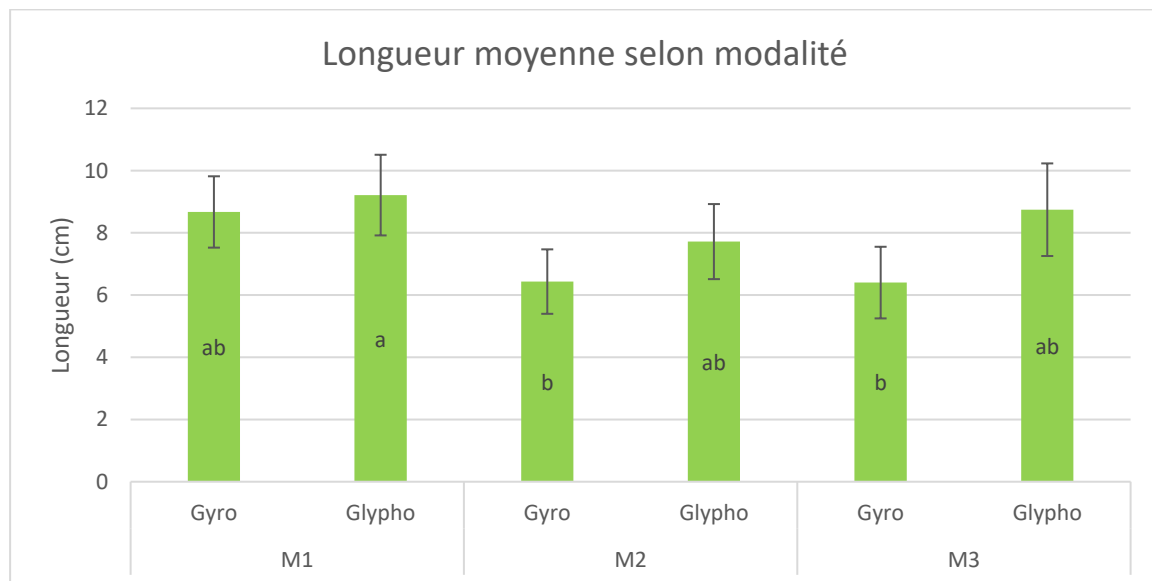


Figure 13 : Longueur moyenne des carottes récoltées selon nature et destruction du couvert précédent. Des lettres différentes indiquent une différence de longueur significative selon le test des étendues de Tukey.

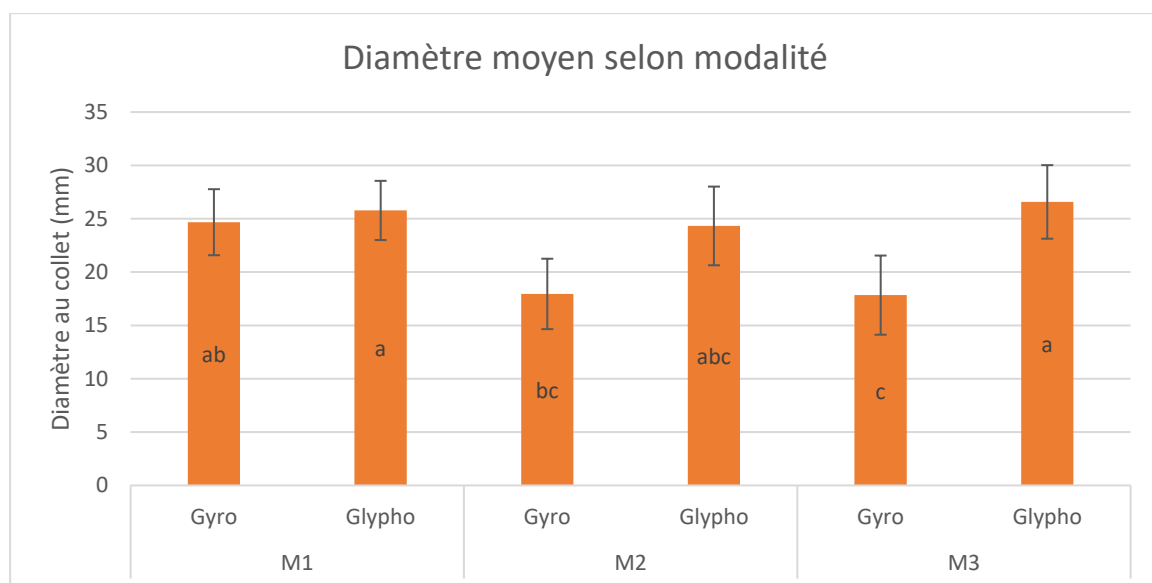


Figure 14 : Diamètre moyen des carottes récoltées selon nature et destruction du couvert précédent. Des lettres différentes indiquent une différence de longueur significative selon le test des étendues de Tukey.

Ainsi, modalités les plus défavorables semblent être les couverts M2 et M3 détruits au gyrobroyeur. Il se peut que cette méthode de destruction mécanique ne permette pas au couvert de se décomposer

assez ou génère des repousses, ce qui engendre une compétition avec les carottes, au détriment de ces dernières.

d. Salissement de la parcelle

Fin 2022, peu de temps après la notation finale des carottes, une notation des adventices a été réalisée afin d'évaluer le salissement de la parcelle. Cinq placettes de 1 m² ont été notées par traitement (combinaison couvert*destruction*bloc), c'est-à-dire à cheval sur les deux répétitions présentes au sein de chaque bloc.

Couvert	Destruction	Bloc	Total adventices au m ²	Total sans pâturin	
M1 - avoine/seigle	Glyphosate	1	45,4	3,4	
M1 - avoine/seigle	Glyphosate	2	22,8	8,0	
M1 - avoine/seigle	Gyrobroyeur	1	40,2	40,2	repousses et véronique
M1 - avoine/seigle	Gyrobroyeur	2	34,8	12,8	
M2 - av./tr./vsc./mou./ph.	Glyphosate	1	42,0	7,0	
M2 - av./tr./vsc./mou./ph.	Glyphosate	2	16,8	3,8	
M2 - av./tr./vsc./mou./ph.	Gyrobroyeur	1	35,4	32,0	véronique
M2 - av./tr./vsc./mou./ph.	Gyrobroyeur	2	14,0	14,0	
M3 - trèfle/vesce/seigle	Glyphosate	1	48,8	16,8	
M3 - trèfle/vesce/seigle	Glyphosate	2	42,8	17,8	
M3 - trèfle/vesce/seigle	Gyrobroyeur	1	20,8	18,6	
M3 - trèfle/vesce/seigle	Gyrobroyeur	2	57,0	57,0	repousses trèfle (et seigle) et véroniques

Tableau 3 : Nombre d'adventices moyen au m² selon traitement

De manière générale, les parcelles dont le couvert a été détruit au glyphosate sont moins sales que celles détruites mécaniquement si on ne considère pas le pâturin (Tableau 3). La destruction au glyphosate permet notamment de limiter les repousses de couvert. Par ailleurs, on note une plus grande diversité spécifique d'adventices sur les parcelles détruites au gyrobroyeur. En revanche, le stade des adventices est équivalent pour les deux modes de destruction, à savoir majoritairement des plantes en floraison ou grenaison. Le couvert M3 est celui qui est responsable des parcelles les plus sales 8 mois après destruction : son efficacité réduite quand il était en place a provoqué une augmentation du stock de graines d'adventices dans le sol.

CONCLUSION

Cet essai de culture sur buttes enherbées était un premier test de faisabilité de cette technique sur culture de carottes.

Le délai de deux mois entre la destruction des couverts et le semis des carottes a montré une supériorité de la destruction chimique, qui permet une décomposition plus rapide du couvert et limite les repousses.

Le semis de la culture de carottes mi-juin s'est révélé problématique puisque le sol des buttes était dur, sec et tassé et que le SILEBAN ne dispose pas de l'outillage adapté à ces systèmes de culture. Cela explique les carottes tordues, fourchues ou fendues, qui sont des défauts de forme. Aucune carotte n'était commercialisable et les rendements obtenus sont très faibles, néanmoins les carottes ont réussi à germer et à se développer dans ces conditions difficiles.

Le couvert avoine-seigle détruit chimiquement s'est révélé un bon compromis : sa production de matière sèche a permis d'empêcher efficacement le développement d'adventices pendant toute la culture de carottes, tout en donnant de bons résultats en termes de dimensions de carottes. Ce couvert s'est peu développé sur le dessus des buttes, ce qui a limité la concurrence avec les carottes.

Ce premier essai est prometteur et les tests méritent d'être poursuivis avec un outillage adapté sur une parcelle non sujette aux inondations.