



Clémentiniers 2012

Evaluation de la méthode sandwich comme système de remplacement des herbicides en verger d'agrumes

Date : avril 2013

Rédacteur(s) : Marine Blouin, Gilles Paolacci, Paul Martin, Gilles Tison

Essai rattaché à l'action n° : 06.2009.09

Titre de l'action : Evaluation de la méthode sandwich comme système de remplacement des herbicides en verger d'agrumes

1. Thème de l'essai

La présence ou l'absence d'un enherbement sur le rang, qu'il soit semé ou spontané, a un impact important sur le rendement et la qualité des agrumes, notamment via :

- La concurrence entre le couvert et les arbres pour l'eau et les éléments minéraux en particulier l'azote.
- Le réchauffement du sol au printemps, qui favorise le redémarrage de l'activité végétative des arbres (un sol enherbé a tendance à se réchauffer plus lentement qu'un sol nu).
- Un impact variable sur l'état phytosanitaire du verger (hébergement d'auxiliaires et/ou de ravageurs et de maladies).
- Un effet positif de l'enherbement sur les qualités physique et biologique du sol.

Afin de maîtriser cet enherbement, l'arboriculteur peut choisir :

- De détruire tout couvert végétal sur le rang, via des désherbages mécaniques ou chimiques,
- De maîtriser l'enherbement par fauches, tontes, ou broyages. Dans ce cas le choix d'un enherbement semé permet d'éviter la présence d'espèces adventices particulièrement concurrentielles et/ou difficile à contrôler.

En Corse, le mode de gestion de l'enherbement du rang d'agrumes largement majoritaire est le désherbage chimique. Sur agrumes, principale culture fruitière de l'île, plus de 3 herbicides par an sont réalisés dont un anti-germinatif tôt en saison et deux herbicides de position, notamment du glyphosate. La diminution de ces traitements dans le contexte national et européen de suppression des intrants est aujourd'hui une priorité pour les arboriculteurs corses.

C'est dans cet objectif que l'AREFLEC et le Civam Bio Corse ont mis en œuvre un partenariat visant à adapter une méthode de gestion de l'enherbement du rang alternative, dite Système Sandwich, au verger d'agrumes en Corse.

Cette technique a été mise au point en Suisse par le FIBL, Institut de Recherche en Agriculture Biologique (Tschabold, 2004 et AGRIDEA, 2009). Comme l'illustre la figure ci-contre, cette méthode met en scène sur le rang une bande enherbée, au niveau de la ligne de plantation, laquelle est prise en sandwich entre deux bandes de sol travaillé.

La gestion de l'inter rang n'est, quant à elle, pas concernée ; l'enherbement très fréquent sur cette zone n'est pas considéré comme concurrentiel pour le verger.

Le système sandwich présente plusieurs avantages :

- l'enherbement partiel exerce une concurrence moindre envers les arbres qu'un enherbement total du rang,
- le travail du sol hors de la ligne de plantation est plus rapide et moins dangereux pour les arbres que sur le rang entier,
- les engrais peuvent être incorporés au sol dans les bandes travaillées et ainsi mieux profiter aux arbres.

Sur la ligne de plantation, la bande enherbée peut être naturelle ou semée :

- L'enherbement naturel reste difficile à maîtriser, très variable d'une parcelle à l'autre, donc difficile à apprécier, et peut se montrer concurrentiel.
- L'implantation de la bande enherbée permet de sélectionner un couvert faiblement concurrentiel et tapissant. Ce dernier point est important car le tapis formé par le couvert va limiter la levée de plantules adventices *via* une concurrence pour la lumière.

La plante sélectionnée par le FIBL pour les vergers de pommiers biologiques est l'épervière piloselle, espèce particulièrement tapissante qui présente en plus l'avantage de sécréter des substances allélopathiques qui inhibent la germination de certaines plantes adventices.

Cette espèce est présente en Corse dans les étages montagnards. Son aptitude à pousser en plaine sera évaluée dans le cadre de l'essai. Deux autres plantes, couramment utilisées comme couvre sol seront également testées : le trèfle blanc et le dactyle d'Espagne.

2. But de l'essai

Evaluation préalable de trois couvre-sol sur le rang dans le cadre de l'adaptation d'une méthode de gestion enherbement alternative, dite Système Sandwich, au verger d'agrumes en Corse.

3. Facteurs et modalités étudiés

FACTEUR :

Le facteur étudié est le couvert implanté dans le cadre de la méthode sandwich

MODALITES :

Trois modalités ont été retenues :

- Epervière piloselle
- Trèfle blanc
- Dactyle d'Espagne

TEMOINS :

Deux témoins sont intégrés au dispositif, et serviront de références quant à la maîtrise des adventices sur le rang :

- Aucune maîtrise : Témoin non désherbé
- Maîtrise de référence : Désherbage chimique.

4. Matériel et Méthodes

- **Matériel Végétal**

Clémentinier SRA 535 greffé sur Poncirus Pomeroy

- **Site d'implantation**

Domaine expérimental de l'INRA de San Giuliano (San Ghjulianu)

- **Dispositif expérimental**

- Blocs de Fisher randomisés à 4 répétitions. Les blocs sont disposés perpendiculairement au sens de la pente (très légère) de la parcelle de l'essai.

- Parcelle élémentaire (voir schéma ci-dessous) : 2 arbres soit 28 m² sur le rang (=8m sur la ligne d'arbres x 3,50m de largeur du rang), dont 8 m² implantés pour les modalités 'sandwich' (=8m sur la ligne d'arbres x 1m de large sur le rang)

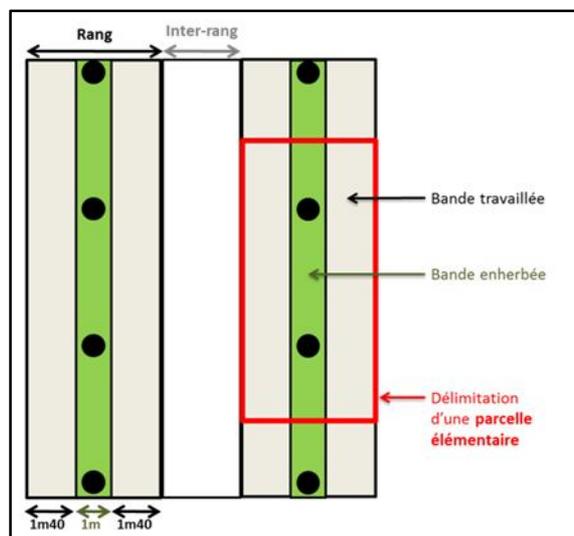


Figure 1 : Délimitation d'une parcelle élémentaire

– Observations et mesures

a-Couverture du sol

Sur chacune des zones d'observation, est réalisée l'évaluation du recouvrement du sol par :

- le couvert semé,
- les adventices
- le sol nu

Le pourcentage de recouvrement évalué sert de base à la détermination du coefficient de recouvrement de Braun-Blanquet (Gillet, 2000 ; Hautekèete, 2010). Ce dernier utilise une échelle de 6 valeurs (de 1 à 5) et est plus simple à évaluer que le pourcentage exact de recouvrement et permet d'obtenir des résultats fiables.

Echantillonnage : Pour chaque parcelle élémentaire, une observation est réalisée. L'observateur devra observer les différentes strates de végétation afin de réaliser une estimation viable.

Fréquence : Ce paramètre est observé mensuellement.

b-Hauteur du couvert

Lors des évaluations du recouvrement, la hauteur maximale du couvert semé est mesurée sur chacune des parcelles élémentaires.

Echantillonnage : Une observation par parcelle élémentaire.

Fréquence : Ce paramètre sera observé mensuellement pendant 2012.

c-Hauteur des Adventices

Lors des évaluations du recouvrement, la hauteur maximale des adventices est mesurée sur chacune des parcelles élémentaires. Les adventices isolées, et non représentatives (ie moins de 3 individus par parcelle élémentaire), ne sont pas prises en compte.

Echantillonnage : Une observation par parcelle élémentaire.

Fréquence : Ce paramètre sera observé mensuellement pendant 2012.

d-Flore adventice

Les espèces adventices présentes sur la parcelle sont identifiées

Echantillonnage : Le relevé est réalisé sur la totalité des parcelles témoins (non désherbées).

Fréquence : Deux relevés sont réalisés : un en mai et un en juin

e-Rendement : masse totale des fruits récoltés par arbre

- Echantillonnage : Chaque arbre est récolté indépendamment.
- Fréquence : Le rendement par arbre est mesuré à chacun des passages de récolte.

– Conduite de l'essai

Interventions de désherbages :

Tableau 1 : Interventions de désherbage réalisées sur le rang

	Date	Détails
Désherbage chimique sur le rang (témoin désherbé chimiquement)	29/01/12	Glyphosate
	15/05/12	Glufosinate ammonium
	20/07/12	Glyphosate
Désherbage mécanique des bandes travaillées dans le cadre de la méthode sandwich (modalités sandwich)	26/01/12	Fraise rotative
	15/05/12	Disques
	17/07/12	Disques

Les interventions mécaniques sont réalisées avec un porte outil intercept avec module fraise rotative ou disque, munis d'un système d'effacement.



Figure 2a : Fraise rotative

Figure 2b : Disques

Fertilisation et irrigation

Les apports NPK sont identiques sur toutes les modalités (150 UN, 45 UP, 90 UK).

L'irrigation par micro-aspiration suspendue a été réalisée de mai à septembre. La dose apportée est calculée selon la méthode du bilan hydrique.

– **Traitement statistique des résultats**

Logiciel : StatBox

Tests réalisés :

- ANOVA (après vérification des conditions d'applications de l'analyse de variance) au risque de 5%
 - Sur les variables liées uniquement au couvert (hauteur et recouvrement), l'ANOVA a été réalisé uniquement sur les trois modalités sandwich, présentant un couvert
 - Sur les autres variables, l'ANOVA a porté sur toutes les modalités
- Test de corrélation de Pearson et calcul du coefficient de détermination r^2
 - Pour les tests de corrélation entre paramètres de production et paramètre liés à l'enherbement, le jeu de données utilisé ne comprend pas la modalité non désherbée. Rappelons que les paramètres liés à l'enherbement n'ont été mesuré que sur la ligne d'arbre, et que seul le témoin non désherbé est enherbé de part et d'autre de la ligne d'arbre.

5. Résultats détaillés

1. Développement des couverts

1.1. Couverture du sol

Nous pouvons voir ci-dessous qu'alors que le trèfle blanc et le dactyle ont offert un couvert acceptable dès le mois de mars, le recouvrement du sol par l'épervière est demeuré médiocre. En moyenne sur l'année 2012, il recouvre moins de 20% du sol

Le trèfle et le dactyle ont, en moyenne sur l'année, couvert plus de 60% du sol. De janvier à juillet, la couverture offerte par le trèfle a été plus importante que celle du dactyle (69% contre 58%). Compte tenu de la variabilité observée entre répétitions, notamment pour le dactyle, aucune différence significative n'est observée entre ces deux modalités (voir tableau ci-après). D'août à novembre la tendance s'inverse : la couverture du trèfle a fortement diminué (d'un quart), alors que le dactyle reste bien en place.

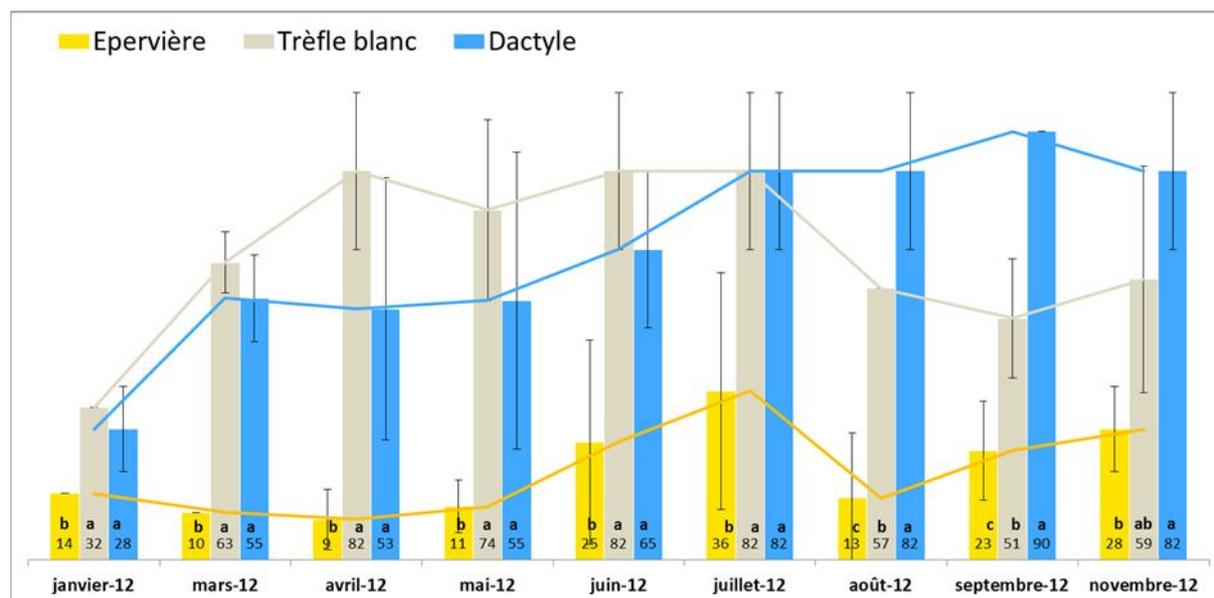


Figure 3 : Evolution des taux de couverture du sol (en %) des différents couverts semés en 2012. Les barres d'erreurs représentent les écart-types. Pour une même date, les modalités présentant une lettre (a, b ou c) identique ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Le tableau page suivante présente les valeurs de P issues des ANOVA réalisées pour comparer les taux de recouvrement des trois couverts, chaque mois. Aucun effet bloc n'a été observé. Les recouvrements des trois couverts sont, chaque mois, significativement différents.

Tableau 2 : Valeurs de P pour le facteur étudié et le facteur bloc issues des ANOVA pour la comparaison des recouvrements des différents couverts.

Signification des codes : ns : différence non significative ; * : différence légèrement significative ; ** : différence significative ; *** : différence très significative)

	janvier	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept.	nov.
Facteur COUVERT	0,007 **	0,000 ***	0,007 **	0,009 **	0,010 *	0,029 *	0,001 **	0,000 ***	0,029 *
Facteur BLOC	0,456 ns	0,615 ns	0,644 ns	0,211 ns	0,359 ns	0,547 ns	0,224 ns	0,190 ns	0,941 ns
Puissance	86%	99%	86%	84%	83%	71%	98%	99%	71%

1.2. Hauteur des couverts

La figure ci-dessous représente l'évolution de la hauteur moyenne des couverts au cours de l'année 2012. Comme le montre le tableau 2, la différence entre couvert est significative chaque mois. L'épervière présente un couvert le plus rasant, élément pour lequel elle a été sélectionnée pour l'essai.

Concernant le dactyle et le trèfle on constate que les courbes d'évolution de leurs couvertures au sol ont la même allure que celles de l'évolution de leurs hauteurs. Au printemps le trèfle est bien développé est présenté une hauteur comprise entre 25 et 35 cm. Celle du dactyle n'excède pas les 25. En été, le trèfle, qui offre un couvert moins dense est également moins haut, atteignant à peine 10 cm en septembre. En été, puis en automne le dactyle atteint les 30 à 35 cm.

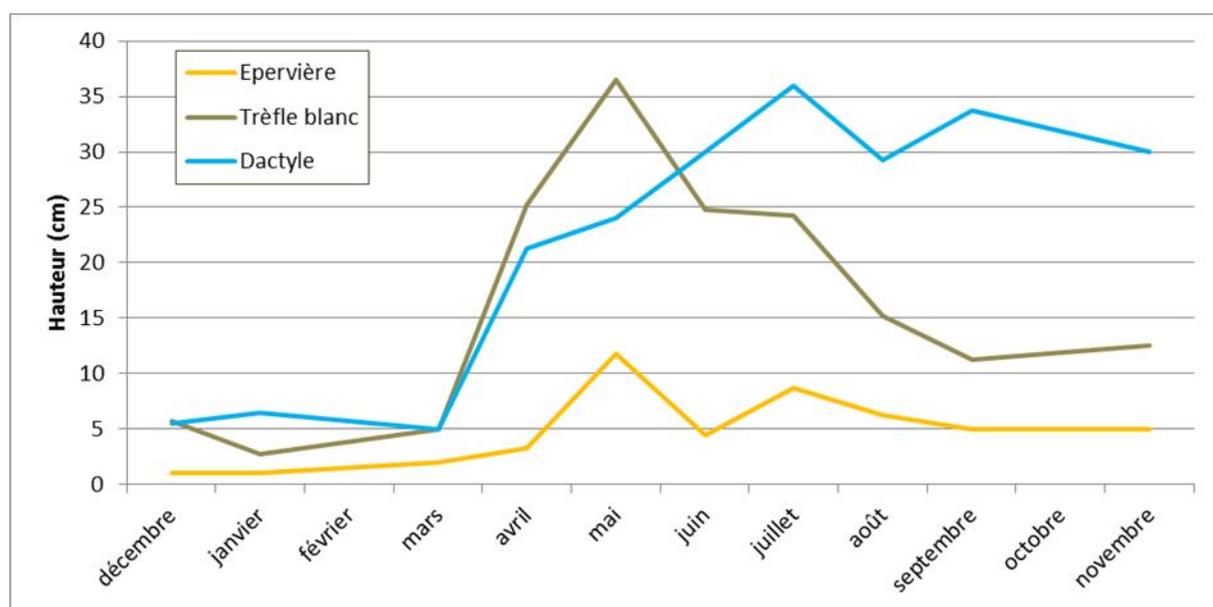


Figure 4 : Evolution des hauteurs des couverts

Tableau 3 : Valeurs de P pour le facteur étudié et le facteur bloc issues des ANOVA pour la comparaison des hauteurs des différents couverts.

Signification des codes : ns : différence non significative ; * : différence légèrement significative ; ** : différence significative ; *** : différence très significative)

	janvier	avril	mai	juin	juillet	août	sept.	nov.
Facteur COUVERT	0,000 ***	0,000 ***	0,002 **	0,004 **	0,038 *	0,003 **	0,000 ***	0,000 ***
Facteur BLOC	0,163 ns	0,160 ns	0,399 ns	0,730 ns	0,394 ns	0,221 ns	0,716 ns	0,456 ns
Puissance	99%	99%	93%	90%	67%	92%	99%	99%



Figure 5 : Modalité épervière fin janvier 2012.

Les plants d'épervières visibles sont entourés de jaune sur la photo.

2. Pression adventice et recouvrement du sol

2.1. Recouvrement total du sol

Ci-dessous sont représentées pour chaque modalités et pour les témoins l'évolution du recouvrement du sol, par les couverts, les adventices et par le sol nu.

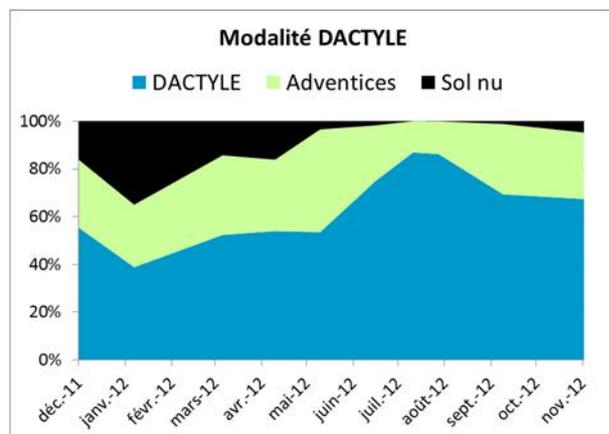


Figure 7 : Evolution du recouvrement du sol en 2012 sur la modalité Dactyle

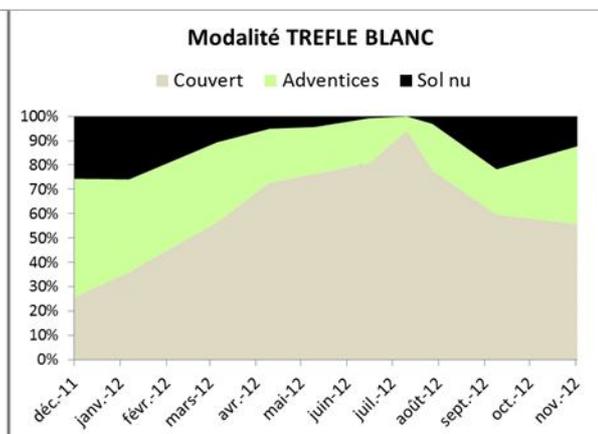


Figure 6 : Evolution du recouvrement du sol en 2012 sur la modalité Trèfle blanc

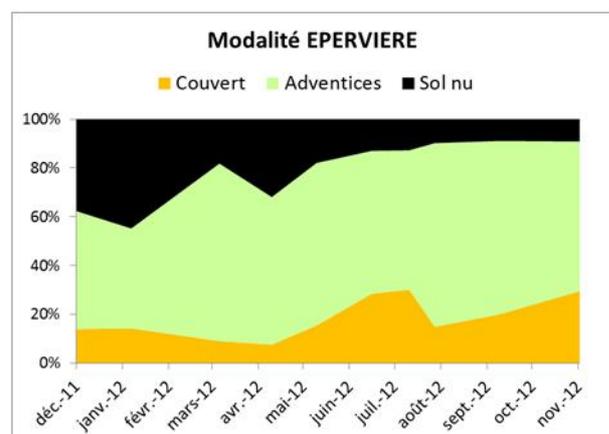


Figure 9 : Evolution du recouvrement du sol en 2012 sur la modalité Epervière

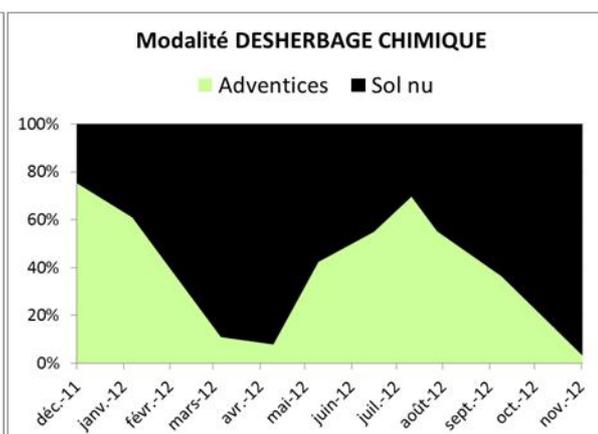


Figure 8 : Evolution du recouvrement du sol en 2012 sur la modalité Désherbage chimique

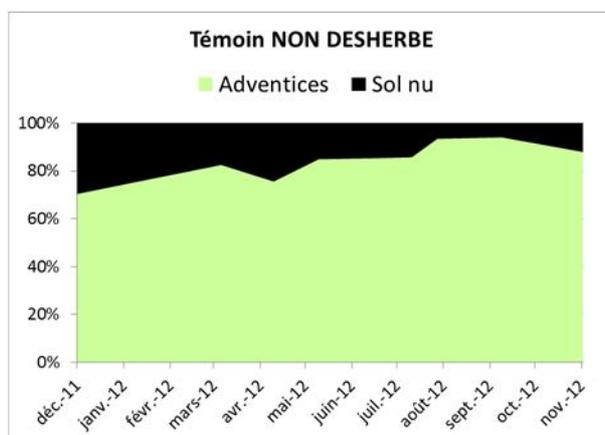


Figure 10 : Evolution du recouvrement du sol en 2012 sur le témoin non désherbé

On voit que la pression adventice a été constante sur le témoin non désherbé ; et que la référence désherbé chimiquement, la pression adventice n'a pas pu être contenue en été. Les couverts, dactyle et trèfle en particulier, concurrencent bien les adventices.



Figure 12 : Modalité trèfle en mai 2012.
Le trèfle est en fleur.



Figure 11 : Modalité dactyle en mai 2012.



Figure 13 : Modalité désherbage chimique en mai 2012



Figure 14 : Témoin non désherbé en mai 2012



Figure 15 : Modalité dactyle en septembre 2012

2.2. Couverture du sol par les adventices

Ci-dessous sont représentés les résultats des ANOVA réalisées pour comparer chaque mois les taux de couvertures des adventices sur les cinq modalités.

Tableau 4 : Résultats de l'ANOVA mois par mois concernant la comparaison des taux de couverture par les adventices

Signification des codes : ns : différence non significative ; * : différence légèrement significative ; ** : différence significative ; *** : différence très significative)

Date	janvier	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept.	nov.
Désherbage chimique	53%	8% c	7% b	36%	40% ab	74% a	46% b	34% b	3% c
Trèfle blanc	34%	36% b	25% b	19%	19% b	5% b	14% c	16% b	34% b
Dactyle	19%	35% b	29% b	44%	20% b	12% b	13% c	38% b	34% b
Epervière	40%	80% a	67% a	48%	51% ab	67% a	65% ab	82% a	57% b
Non désherbé	61%	83% a	74% a	59%	65% a	74% a	82% a	90% a	82% a
Valeur de P Facteur enherbement	0,012 *	0,000 ***	0,001 **	0,429 ns	0,009 **	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***	0,000 ***
Valeur de P Facteur Bloc	0,003 **	0,024 *	0,014 *	0,464 ns	0,714 ns	0,697 ns	0,641 ns	0,468 ns	0,418 ns
Puissance	82%	99%	95%	24%	85%	98%	99%	99%	99%

On constate tout d'abord de janvier à avril un effet bloc, qui s'efface au cours de l'année. La pression sur les blocs 1 et 4 est plus importante que sur les blocs centraux 2 et 3 : 57% et 52% d'adventices au sol pour les blocs 1 et 4 ; 30% et 34% pour les blocs 2 et 3. Ces différences s'estompent au cours de l'année comme le montrent le tableau 4 et la figure ci-dessous.

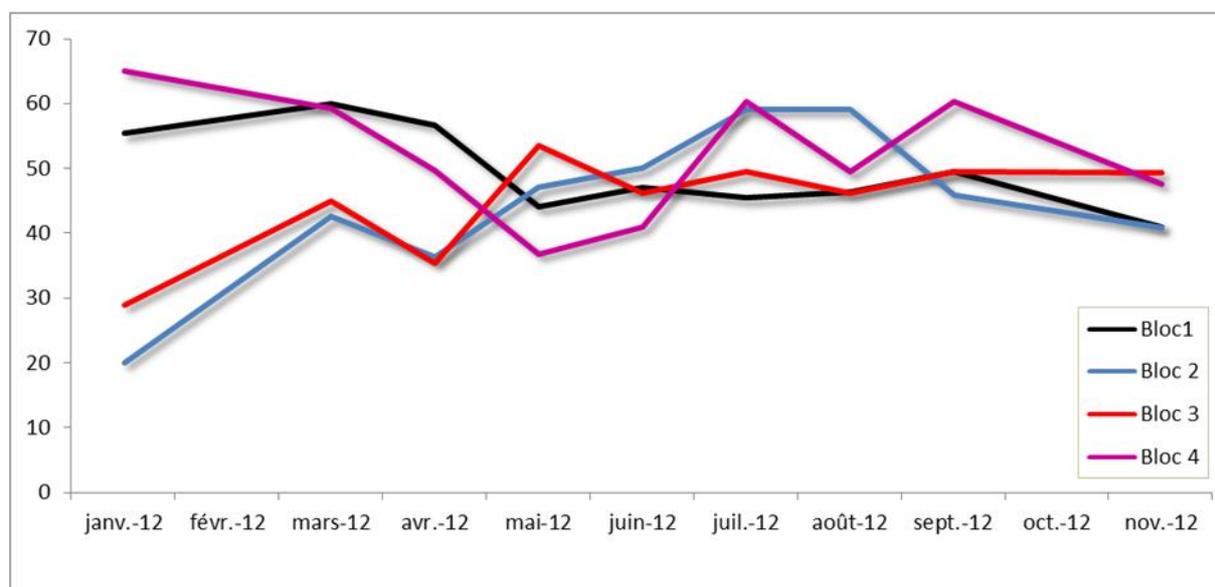


Figure 16 : Evolution du recouvrement des adventices par bloc

Les résultats de l'ANOVA pour le mois de mai, compte tenu notamment de la très faible puissance du test ne sont pas exploitables.

Le taux de couverture du sol par les adventices des différentes modalités est présenté ci-après sur deux graphiques distincts pour plus de lisibilité.

La premier graphique compare les modalités trèfle et dactyle (en système sandwich) à la référence désherbée chimiquement. Ces trois modalités ont la pression adventice la moins importante. Le second compare la modalité épervière (en système sandwich) avec le témoin non désherbé, sur lesquels la pression adventice a été forte toute l'année.

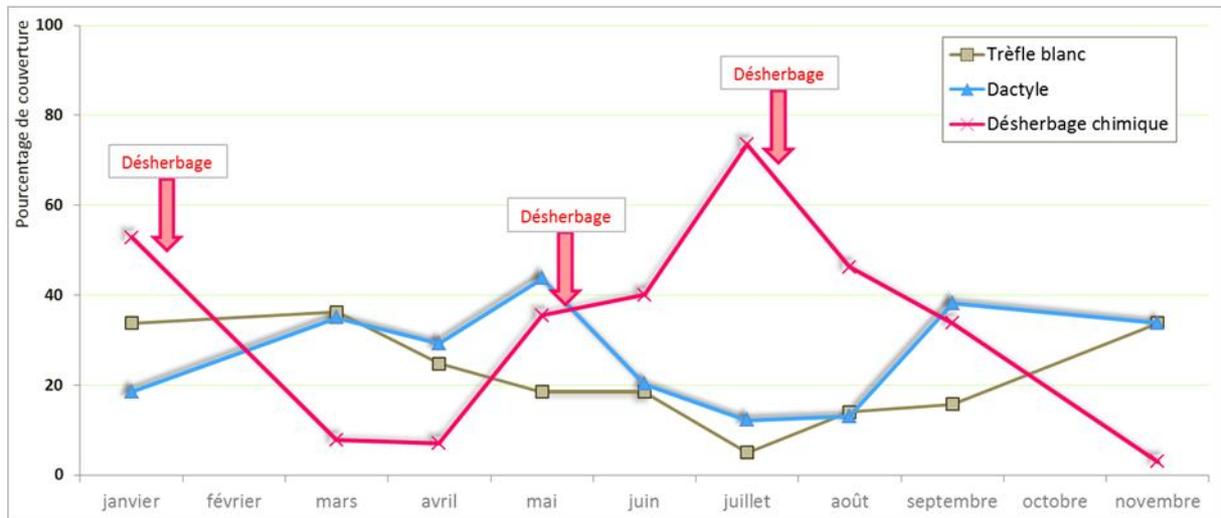


Figure 17 : Evolution de la couverture par les adventices sur les modalités trèfle, dactyle et désherbage chimique. Les dates de désherbage chimique sont présentées sur le graphique.

Le recouvrement des adventices entre les modalités trèfle et dactyle ne sont pas significativement différents, même si en moyenne sur l'année, on compte un peu moins d adventice sur la modalité trèfle (22% contre 27 chez le dactyle).

Le désherbage chimique a offert un meilleur contrôle des adventices en mars et en septembre, mais a été dépassé par les modalités trèfle et dactyle en été (juin à août).

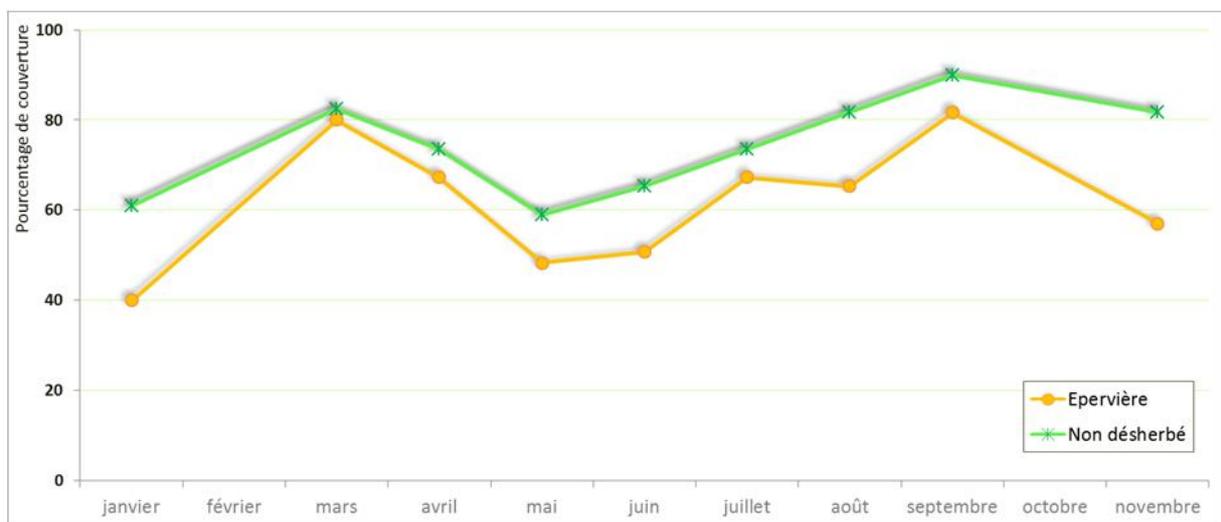


Figure 18 : Evolution de la couverture par les adventices sur les modalités épervière et témoin non désherbé.

La quantité d'adventices au sol sur la modalité épervière est un peu en deçà du témoin, mais nous n'avons observé de différence significative entre ces deux modalités, excepté en novembre 2012, où elle apparaît équivalente aux deux autres modalités sandwich.

Il est difficile d'être certain des propriétés allopathiques de l'épervière car la pression adventice est quasi aussi importante que sur le témoin non désherbé.

Le clémentinier est le plus sensible aux carences en éléments nutritifs et en eau entre avril et octobre, et serait ainsi le plus sensible à la concurrence des adventices pour ces éléments. A cette période, la modalité trèfle compte moins d'adventices que les autres modalités, malgré une absence de différence significative avec le dactyle et la référence désherbée chimiquement (tableau 5). Les modalités épervière et témoin non désherbé ne sont pas significativement différents sur cette période, et concernant cette variable.

Tableau 5 : Résultats de l'ANOVA concernant la comparaison des taux de couverture par les adventices.

Signification des codes : ns : différence non significative ; * : différence légèrement significative ; ** : différence significative ; *** : différence très significative)

Date	Moyenne sur l'année	Moyenne observée entre avril et octobre
Désherbage chimique	33% b	39% b
Trèfle blanc	22% b	16% b
Dactyle	27% b	26% b
Epervière	62% a	63% a
Non désherbé	74% a	74% a
Valeur de P Facteur enherbement	0,000 *	0,000 ***
Valeur de P Facteur Bloc	0,293 **	0,975 ns
Puissance	99%	99%

2.3. Sol nu

Le tableau page suivante présente le résultat des ANOVA, mois par mois, concernant la part de sol nu. Pour les mois de janvier et juillet, compte tenu notamment de la très faible puissance, aucune conclusion ne peut être tirée.

En avril, mai, août, septembre et novembre, la modalité désherbage chimique se distingue des autres modalités par une part de sol nu plus importante. Les autres modalités ne présentent pas de différences significatives entre elles.

Tableau 6 : Résultats de l'ANOVA mois par mois concernant la comparaison la part de sol nu
 Signification des codes : ns : différence non significative ; * : différence légèrement significative ;
 ** : différence significative ; *** : différence très significative)

Date	janvier	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept.	nov.
Désherbage chimique	34%	63% a	82% a	48% a	33% a	32%	38% a	59% a	90% a
Trèfle blanc	23%	12% a	6% c	4% b	1% b	0%	2% b	19% b	13% b
Dactyle	25%	15% a	16% bc	4% b	2% b	0%	0% b	2% b	6% b
Epervière	44%	20% a	36% bc	13% b	11% ab	15%	9% b	10% b	9% b
Non dés herbé	20%	18% a	24% bc	11% b	11% ab	12%	6% b	6% b	11% b
<i>Valeur de P Facteur enherbement</i>	0,149 ns	0,021 *	0,000 ***	0,016 *	0,044 *	0,097 ns	0,011 *	0,000 ***	0,000 ***
<i>Valeur de P Facteur Bloc</i>	0,003 **	0,110 ns	0,168 ns	0,910 ns	0,971 ns	0,380 ns	0,482 ns	0,720 ns	0,682 ns
<i>Puissance</i>	42%	86%	99%	80%	70%	59%	83%	97%	99%

2.4. Hauteur des adventices

Le tableau ci-dessous présente le résultat des ANOVA, mois par mois, concernant la hauteur des adventices. Pour les mois de janvier, mai, juin et juillet, compte tenu notamment de la très faible puissance, aucune conclusion ne peut être tirée. En janvier, les adventices présentent une hauteur très limitée (moins de 8 cm) et de mai à juillet, elles sont le plus hautes (plus de 50 cm).

En avril, septembre et novembre, nous observons des différences significatives. La modalité dés herbée chimiquement fait à chaque fois partie du groupe de modalités présentant les adventices les plus basses, et le témoin non dés herbé, les plus hautes. En avril et novembre, les trois modalités sandwich, comparables entre elles, présentent des hauteurs intermédiaires.

En septembre (figure 19), les modalités trèfle et dactyle comptent des adventices dont la hauteur (38 cm environ) est comparable à celle de la référence chimique. La modalité épervière est à classée avec le témoin non dés herbée (adventices de plus de 70 cm).

Tableau 7 : Résultats de l'ANOVA concernant la comparaison hauteurs moyennes des adventices par modalité mois par mois

Signification des codes : ns : différence non significative ; * : différence légèrement significative ;
 ** : différence significative ; *** : différence très significative)

Date	janvier	avril	mai	juin	juillet	sept.	novembre
Désherbage chimique	7,5	33,8 b	56,5	57,8	61,3	37,5 b	6,3 c
Trèfle blanc	7,5	54,5 ab	70,8	59,3	56,5	38,8 b	28,8 b
Dactyle	7,0	60,5 ab	71,0	70,8	52,3	37,5 b	35,0 b
Epervière	7,5	58,3 ab	67,5	69,0	78,8	72,5 a	40,0 b
Non dés herbé	8,0	75,3 a	77,8	92,3	77,5	75,0 a	55,0 a
<i>Valeur de P Facteur enherbement</i>	0,937	0,018 *	0,729	0,262	0,212	0,005 **	0,000 ***
<i>Valeur de P Facteur Bloc</i>	0,738	0,138 ns	0,681	0,836	0,261	0,600 ns	0,728 ns
<i>Puissance</i>	8%	79%	14%	33%	36%	89%	99%

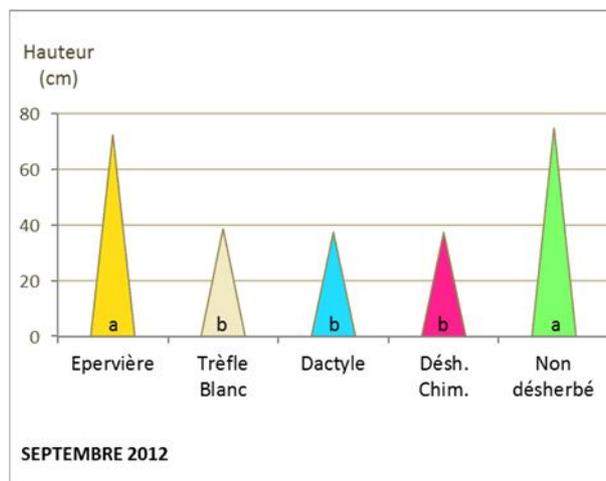


Figure 19 : Hauteur moyenne des adventices par modalité en septembre 2012. Les modalités présentant une lettre (a, b ou c) identique ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

En moyenne, sur la période d'avril à septembre, où l'on cherche particulièrement à limiter la compétition des adventices, des trois modalités sandwich, la modalité trèfle est celle sur laquelle la hauteur des adventices fût la moindre (tableau ci-dessous).

Tableau 8 : Résultats de l'ANOVA concernant la comparaison des hauteurs moyennes (en cm) des adventices entre avril et octobre

Signification des codes : ns : différence non significative ; * : différence légèrement significative

Date	Moyenne observée entre avril et octobre	Signification
Désherbage chimique	49,4	b
Trèfle blanc	56,0	b
Dactyle	58,4	ab
Epervière	69,2	ab
Non désherbé	79,6	a
<i>Valeur de P Facteur enherbement</i>	<i>0,026</i>	<i>*</i>
<i>Valeur de P Facteur Bloc</i>	<i>0,247</i>	<i>ns</i>
<i>Puissance</i>	<i>75%</i>	

2.5. Volume de l'enherbement sur la ligne d'arbre

Nous considérons maintenant le volume moyen de l'enherbement (adventice et couvert) estimé sur la ligne d'arbre. Nous pouvons voir les résultats de l'ANOVA ci-après. Pour les mois de janvier mai et juin, compte tenu notamment de la très faible puissance des tests, aucune conclusion ne peut être tirée.

Tableau 9 : Résultats de l'ANOVA concernant la comparaison du volume des enherbements (adventices et couverts – en m³) mois par mois

Signification des codes : ns : différence non significative ; * : différence légèrement significative ; ** : différence significative ; *** : différence très significative)

Date	janvier	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept.	nov.
Désherbage chimique	0,15	0,00 b	0,13 c	0,96	1,44	1,68 ab	0,99 bc	0,59 c	0,01 c
Trèfle blanc	0,14	0,33 ab	1,38 ab	1,59	1,22	0,93 b	0,43 c	0,51 c	0,73 b
Dactyle	0,13	0,14 b	1,11 bc	1,81	1,33	1,46 ab	1,06 bc	1,76 b	1,48 a
Épervière	0,13	0,70 a	1,46 ab	1,48	1,44	2,21 a	1,81 ab	2,43 ab	0,97 b
Non dés herbé	0,20	0,50 ab	2,20 a	1,94	2,27	2,31 a	2,76 a	2,70 a	1,82 a
Valeur de P Facteur enherbement	0,290 ns	0,020 *	0,000 ***	0,687 ns	0,092 ns	0,017 *	0,002 **	0,000 ***	0,000 ***
Valeur de P Facteur Bloc	0,001 **	0,803 ns	0,548 ns	0,865 ns	0,787 ns	0,063 ns	0,158 ns	0,454 ns	0,847 ns
Puissance	31%	78%	97%	15%	60%	80%	93%	99%	99%

Le témoin non dés herbé, lorsqu'une différence est observée via l'ANOVA, est toujours classé comme la modalité présentant le volume végétal le plus fort, excepté au mois de mars, où l'épervière le devance.

La référence dés herbée chimiquement, lorsqu'une différence est observée via l'ANOVA, est toujours classé comme la modalité présentant le volume végétal le plus faible, excepté aux mois de juillet et d'août, où la modalité trèfle blanc présente un volume moindre. En septembre, aucune différence n'est observée entre la modalité trèfle et la référence chimique.

Pour la comparaison des trois modalités sandwich, nous pouvons distinguer trois phases :

- Au printemps (mars-avril), la modalité dactyle est celle qui présente le volume le moins important, bien que supérieur à la référence chimique. Volumes du couvert et des adventices sont tous deux limités (Figure 20)
- En été (juillet à septembre), c'est la modalité trèfle qui présente le volume végétal le plus bas, comparable, voire inférieur à celui de la référence chimique. L'épervière, en raison d'une flore adventice très développée) est la modalité sandwich avec le plus gros volume.
- En novembre, les volumes des modalités épervière et trèfle sont équivalents. En effet entre août et septembre la hauteur d'adventice a fortement diminué (de 72 cm à 40 cm), sans que le couvert se soit développé (Tableau 7).

En moyenne sur la période d'avril à octobre, comme sur l'année (Tableau 10), le dés herbage chimique a permis de limiter au mieux le volume de l'enherbement. La modalité trèfle blanc est celle qui se rapproche le plus de la référence chimique. Le témoin non dés herbé présente logiquement le volume le plus important (trois fois supérieur à celui de la référence chimique). Les modalités dactyle et épervière sont intermédiaires.

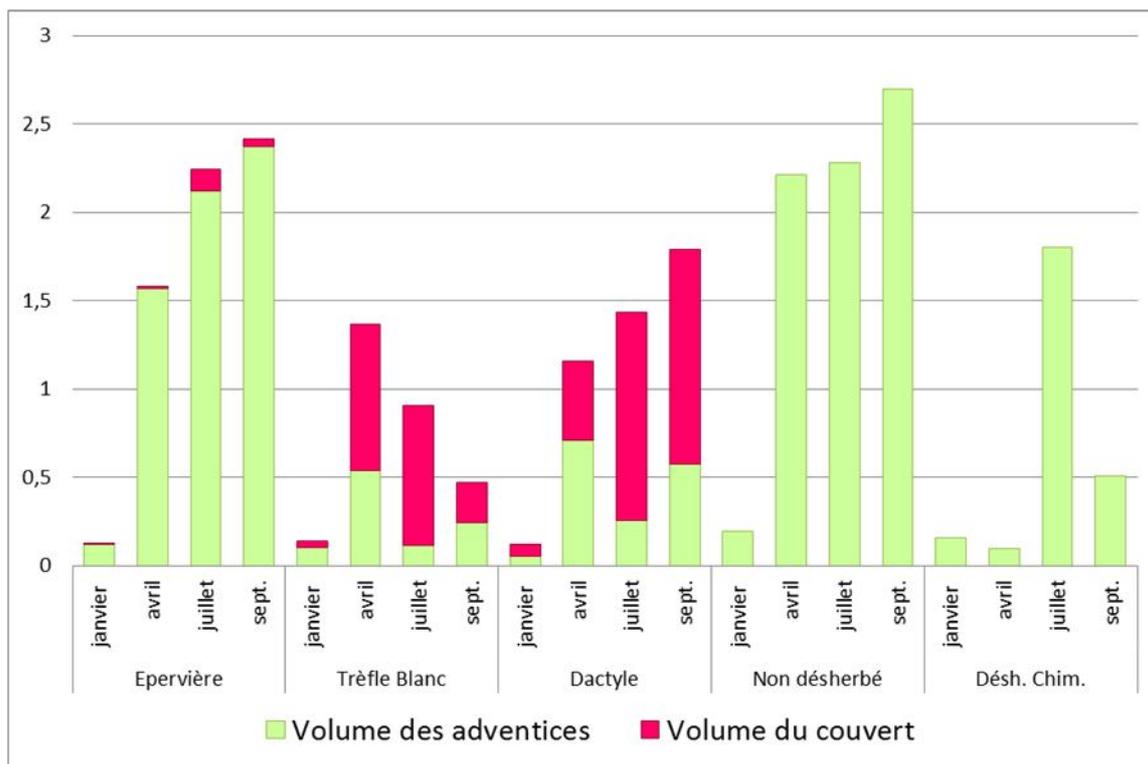


Figure 20 : Evolution des volumes d'enherbement (en m³) par modalité sur une surface de 4 m².

Tableau 10 : Résultats de l'ANOVA concernant la comparaison du volume des enherbements (adventices et couverts - en m³) entre avril et octobre et sur l'année

Signification des codes : ns : différence non significative ; * : différence légèrement significative

Date	Moyenne observée entre avril et octobre		Moyenne sur l'année	
Désherbage chimique	0,71	b	0,52	c
Trèfle blanc	1,02	b	0,80	bc
Dactyle	1,38	ab	1,05	b
Epervière	1,67	ab	1,18	b
Non désherbé	2,24	a	1,67	a
Valeur de P Facteur enherbement	0,004	*	0,001	*
Valeur de P Facteur Bloc	0,475	ns	0,239	ns
Puissance	90%		96%	

2.6. Flore adventice

Le tableau ci-après présente la composition de la flore adventice sur le témoin non désherbé au début du mois de mai et à la fin du mois de juin. Aux deux périodes, l'espèce dominante est le ray grass italien (*Lolium multiflorum*), adventice présentant une capacité à résister aux herbicides.

En mai, le mouron des champs (*Anagalis arvensis*) est la seconde adventice la plus importante. Les autres adventices. En juin, ce sont l'oxalis corniculé (*Oxalis corniculata*) et le lythrum à feuille d'hysope (*Lythrum hyssopifolia*) qui secondent le ray grass italien.

Les autres adventices sont peu fréquemment rencontrées (moins de 3,5% de recouvrement), mais participent à la diversité de la flore, plus importante en juin, qu'en mai.

Tableau 11 : Taux de recouvrement moyen pour la modalité non désherbée chimiquement.

L'absence de valeur indique l'absence de l'espèce concernée.

Espèce adventice	Recouvrement moyen	
	Début mai	Fin juin
Ray grass italien	21,3%	25,8%
Oxalis corniculé	0,8%	13,0%
Lythrum à feuille d'hysope	3,0%	8,2%
Mouron des champs	7,4%	2,2%
Laiteron des champs	0,0%	2,3%
Céraiste aggloméré	3,4%	
Renouée des oiseaux	0,0%	2,0%
Trèfle des champs	0,0%	2,0%
Epilobe de lamy	0,1%	1,9%
Véronique des champs	1,5%	
Erigeron du canada	0,6%	0,9%
Paspale à deux épis		0,6%
Séneçon vulgaire		0,5%
Pourpier maraicher		0,4%
Torilis des champs		0,4%
Amaranthe hybride		0,3%
Orge des rats		0,3%
Liseron des champs	0,2%	0,1%
Vesse cultivée	0,2%	
Oseille pseudo gracieuse		0,1%
Euphorbe des moissons		0,1%
Plantain lanceolé		0,1%
Asteraceae non déterminée		0,1%
Epiaire des champs		0,1%
Panic pied de coq		0,1%
Armoise vulgaire		0,1%
Carotte sauvage		0,1%
Inule visqueuse		0,1%
Morelle noire		0,1%
Nombre d'espèces	10	24

Rendement et calibre

Aucune différence significative n'a été observé en terme de rendement ($p=0,258$), de calibre moyen ($p=0,453$), ou de précocité de rendement ($0,463$). Cependant les puissances des tests sont très faibles, respectivement 33%, 23% et 22%. Nous ne pouvons donc pas émettre de conclusion concernant la comparaison des modalités entre elles.

Les graphiques ci-après présentent les résultats pour ces trois variables modalité par modalité.

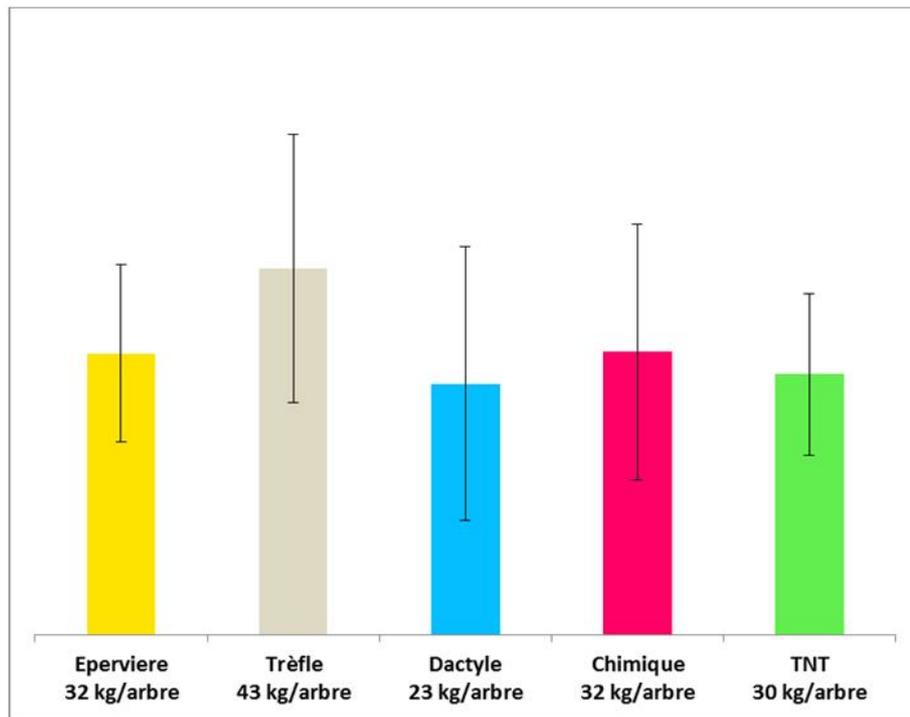


Figure 21 : Rendement moyen par modalité en 2012.
Les barres d'erreur figurent les écarts-types

Nous remarquons tout d'abord une forte variabilité inter-arbre concernant le rendement (cf. écarts types sur la figure 15). La modalité trèfle se distingue cependant des autres par un rendement légèrement plus élevé, mais comme nous ne pouvons pas affirmer que cette différence soit dû au facteur étudié.

Des analyses de corrélation entre rendements et les différents paramètres mesurés concernant la couverture du sol (recouvrement, hauteur, volume, à chaque mois, en moyenne sur l'année ou d'avril à octobre) n'ont permis d'observer aucune corrélation nette. Les corrélations les moins faibles est celle reliant rendement et volume d'enherbement sur la ligne entre avril et octobre, et le volume moyen sur l'année ($r^2=0,25$ dans les deux cas).

Tableau 12 : Volume de l'enherbement et rendement par modalité

Modalité	Volume moyen de l'enherbement observé entre avril et octobre (m ³)	Rendement moyen (kg/arbre)
Désherbage chimique	0,71	32
Trèfle blanc	1,02	43
Dactyle	1,38	23
Epervière	1,67	32
Non désherbé	2,24	30

Au niveau des calibres, les moyennes obtenues (figure 22) apparaissent assez proches. La modalité épervière compte des calibres légèrement plus faible, mais ceci n'est pas forcément imputable à l'effet du facteur étudié. Notons que les calibres moyens obtenus sont plutôt gros, trait caractéristique de la variété SRA 535

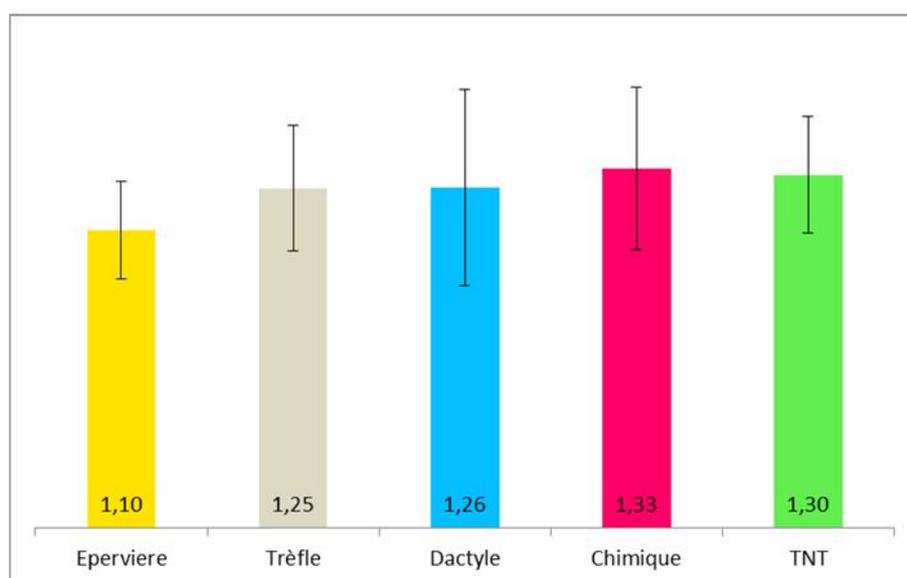


Figure 22 : Calibre moyen par modalité en 2012. Les barres d'erreurs figurent les écarts-types

Enfin, si l'on la précocité de récolte (Figure 23), les arbres de la modalité dactyle se distinguent légèrement des autres, avec une proportion plus importante de fruits récoltés au premier passage.

Partant du postulat selon lequel un sol nu se réchauffe plus rapidement au printemps, et pourrait ainsi engendrer un gain en précocité de récolte à l'automne, nous avons souhaité comparer la part de sol nu au mois de mars et avril avec la part de fruits récoltés au premier passage (Tableau 12). Aucun lien entre ces deux variables n'est apparu (coefficient de corrélation r^2 inférieur à 0,1).

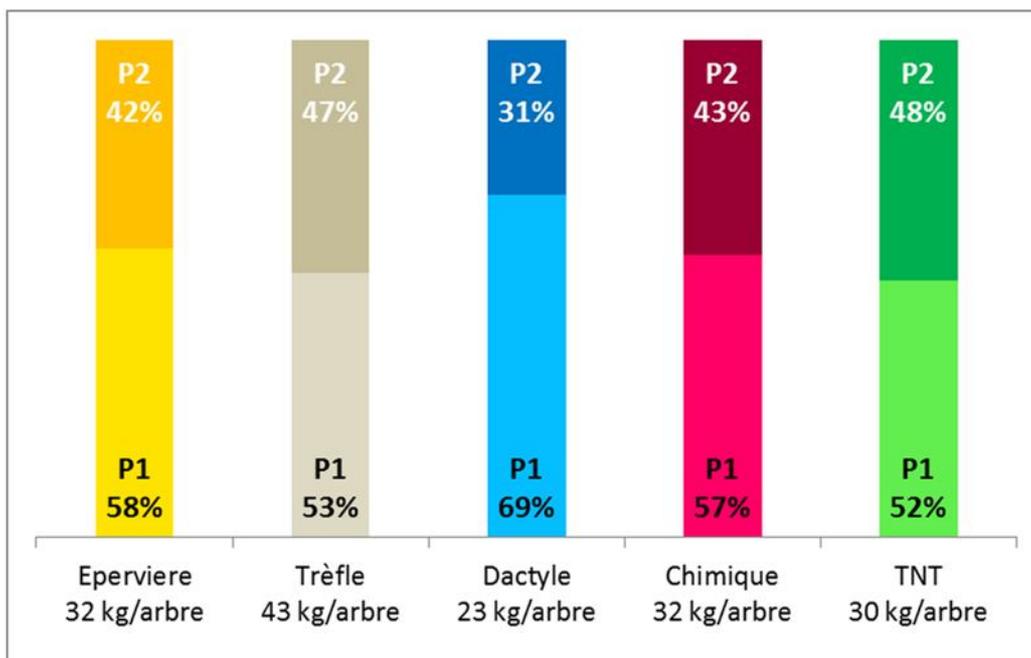


Figure 23 : Précocité de récolte : part des fruits récoltés au premier et au second passage par modalité. P1 : premier passage – P2 : second passage.

Tableau 13 : Part de sol nu au printemps et taux de fruits récoltés au premier passage par modalité

Date	mars	avril	Moyenne (mars-avril)	Part de fruits récoltés au premier passage
Désherbage chimique	63%	82%	73%	57%
Trèfle blanc	12%	6%	9%	53%
Dactyle	15%	16%	16%	69%
Epervière	20%	36%	28%	58%
Non désherbé	18%	24%	21%	52%

6. Conclusions de l'essai

Cet essai a été mis en place en 2011 afin de sélectionner un couvert adapté au système sandwich, méthode alternative au désherbage chimique, en verger de clémentiniers en Corse. A cet essai, trois espèces végétales ont été implantées, selon la méthode sandwich, en essai en automne 2012 : l'épervière piloselle, le trèfle blanc et le dactyle d'Espagne. Ces trois modalités ont été comparées à la référence désherbage chimique, et à un témoin non désherbé. Le dispositif de l'essai en bloc de Fisher comprend des parcelles élémentaires de deux arbres, répétées quatre fois par modalité.

Concernant l'**implantation des couverts** pendant cette première année complète de suivi de l'implantation un développement, nous retiendrons qu'alors que l'épervière a montré une implantation médiocre, trèfle et dactyle ont colonisé le sol de façon satisfaisante.

Le dactyle a mis un peu plus de temps que le trèfle à se mettre en place mais a offert dès l'été un couvert très dense, voire trop dense et qui serait susceptible d'entrer en compétition avec les clémentiniers. De plus, au niveau du tronc, ce couvert serait susceptible de créer un micro-climat trop humide potentiellement favorable au développement de gommose à *Phytophthora*. Une gestion par tonte serait à envisager pour cette espèce.

Le couvert offert par le trèfle est moins haut, ce qui est à considérer comme un point positif. Nous notons une légère régression du trèfle en été. Le suivi du couvert en 2013 permettra de vérifier si cette régression est périodique, ou définitive. Dans ce dernier cas, le manque de pérennité du couvert serait un inconvénient important.

Trèfle blanc et dactyle ont montré une **capacité à limiter les adventices** identiques, supérieure à celle de l'épervière, et identique à celle du désherbage chimique. La mauvaise efficacité du désherbage chimique observé en été est probablement due à la résistance du ray-grass italien au glyphosate (Perez-Jones et al., 2005), appliqué en juillet. Cette adventice est d'ailleurs dominante sur la parcelle, d'après les suivis sur le témoin non désherbé (arrêt du désherbage chimique mi 2011 seulement).

Si nous considérons le **volume total de l'enherbement**, adventice et couvert, puisque le couvert comme les adventices est susceptible de concurrencer l'arbre, le trèfle apparaît comme le meilleur couvert, entraînant un volume d'enherbement moyen annuel inférieur au dactyle et à l'épervière, et semblable à celui de la référence chimique.

Ainsi, pour cette première année, **le trèfle blanc est apparu comme le meilleur couvert** en termes d'implantation et de maîtrise de l'enherbement sur la ligne d'arbre. Sa capacité à fixer l'azote atmosphérique du sol apparaît comme un atout supplémentaire. Le dactyle reste intéressant. Ces deux couverts seront à suivre sur du plus long terme. L'épervière quant à elle ne présente pas d'intérêt : son faible pouvoir d'implantation ne laisse pas présager d'un développement plus important pendant les années futures, et aucune vertu allélopathique n'a pu être constaté dans notre contexte.

Bien que nous ayons noté un meilleur **rendement** sur la modalité trèfle, il est difficile de corréler le facteur enherbement avec cette variable. Il est difficile de dire si, dans notre essai, le mode de gestion de l'enherbement et le choix du couvert ont impacté la production des arbres. Le dispositif

d'expérimentation, et notamment le nombre d'arbre suivi, sont probablement trop limités pour réaliser une analyse statistiques sur ces variables. Un suivi pluri-annuel permettrait peut-être de pallier à ce problème est de réaliser une analyse à deux facteurs : mode de gestion de l'enherbement et année.

En 2013, nous continuerons donc de suivre les modalités sandwich-trèfle et sandwich-dactyle, en comparaison avec les témoins. La pérennité de ses couverts sera alors évaluée partiellement. La modalité épervière sera quant à elle abandonnée. Deux modalités supplémentaires seront mises en place, sélectionnées sur des bases bibliographiques : lotier corniculé et fétuque ovine. Leur implantation sera évaluée sur 2013-2014. Lorsque nécessaire des tontes seront réalisées, notamment pour contenir le dactyle.

Sur l'ensemble des modalités, la connaissance acquise des adventices sur le témoin sera mise à profit pour réaliser l'identification des principales adventices. Des suivis de couverture seront également réalisés de part et d'autre de la ligne d'arbre, afin d'évaluer l'efficacité du désherbage mécanique réalisé dans le cadre de la méthode sandwich, et afin d'avoir une vision de l'enherbement total du rang.

Bibliographie

Perez-Jones A., Park KW., Colquhoun J., Mallory-Smith C., Shaner D., 2005. Identification of glyphosate-resistant Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) in Oregon. *Weed Science* 53:775-779.