

Table des matières

I. Description de l'essai	6
1. Objectif.....	6
2. Situation de l'essai.....	6
3. Type d'essai et modalités étudiées	6
4. Conduite de la culture	7
II. Les résultats.....	7
1. Les composantes du rendement et architecture de la plante.....	7
a) Les densités de plants.....	8
b) Hauteur de plant et d'insertion de la 1 ^{ère} gousse.....	9
c) Nombre de gousses produites.....	10
d) Nombre de grains produits.....	11
2. Architecture des plantes à la récolte	12
a) Analyses des traits architecturaux du plant de soja.....	13
b) Bilan sur l'effet de l'écartement et de la densité	14
3. Le grain à la récolte	14
a) Le PMG.....	14
b) La teneur en protéines et rendement grain	15
III. Synthèse des trois années d'essai.....	16
IV. Discussion et conclusion sur l'essai.....	17

Liste des figures

Figure 1 : Pourcentages de pertes de pieds selon l'écartement et la densité de la levée et pour la période la levée à la récolte..	8
Figure 2 :Hauteur d'insertion de la première gousse mesurée au prélèvement récolte du 27 septembre 2017..	9
Figure 3 : Hauteur de plantes selon l'écartement et la densité au prélèvement récolte du 27 septembre 2017.	10
Figure 4 : Nombre de gousses par plant à la récolte (prélèvement le 27 septembre)..	10
Figure 5 : Nombre de gousses par m ² comptées à la récolte le 27 septembre.	11
Figure 6 : Nombre de grains par gousses selon l'écartement et la densité de semis initiale..	12
Figure 7 : Nombre de gousse produit par plant et selon l'emplacement sur la plante : tige principale ou ramification.	13
Figure 8 : PMG sur le rendement aux normes selon les densités de semis et les écartements.	15
Figure 9 : Rendement et teneur en protéines moyennes sur les 3 blocs suivant les modalités de densité de semis et écartements.	15
Figure 10 : Différentes composantes du rendement à la récolte et leur poids sur le rendement exprimé en pourcentage sur les 3 années d'essai de 2015 à 2017.	16
Figure 11 : Notes moyennes attribuée sur les 3 ans d'essai selon le classement annuel des rendements obtenus sur l'essai.	17
Figure 12 : Relation entre nombre de gousses/plants et le nombre de plants/m ² estimés à la récolte sur toutes les répétitions et les 3 ans d'essai	18

Liste des tableaux

Tableau 1 : Interventions et matériels utilisés du précédent à l'estimation du rendement par récolte manuelle.	7
Tableau 2 : PMG, rendement aux normes et teneur en protéines du soja à la récolte selon les modalités d'écartement de densité de semis.	14
Tableau 3 : Composantes du rendement : plantes à la levée, plantes/m ² à la récolte, gousses/plant, gousses/m ² , grains/gousse et grains/m ²	21
Tableau 4 : 3 composantes du rendement, nombre de gousses présentes sur la tige principale, nombre de ramification et nombre de gousses sur les ramifications.	21

Résultats de l'essai 2017:

Densité et écartement du soja cultivé en sec

I. Description de l'essai

1. Objectif

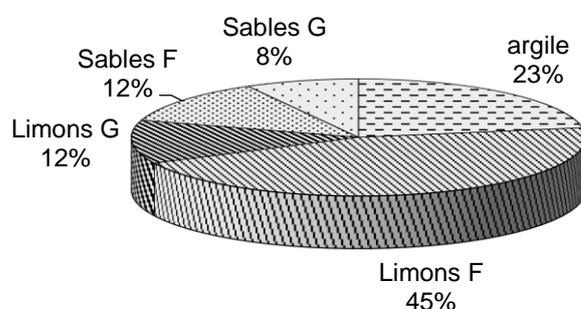
La filière du soja biologique reste encore déficitaire pour le marché national, notamment pour les débouchés en alimentation animale. Actuellement sur la région Midi-Pyrénées les sojas sont cultivés à proportion quasi équivalente en absence et en présence d'irrigation. Toutefois la conduite du soja sans irrigation nécessite des sols profonds à bonne réserve en eau. Afin de satisfaire les besoins de la filière et compte tenu du fait que les sojas sont déjà bien présents sur les parcelles à bon potentiel hydrique, il est envisagé de tester la culture du soja sans irrigation sur des parcelles à réserve en eau moindre : les coteaux argilo-calcaire. Actuellement les sojas sont très majoritairement semés au semoir monograine avec des écartements de l'ordre de 60 cm. Ces écartements semblent être trop importants pour un semis sur des parcelles à moins bonnes réserves hydriques. Le but de cet essai est de tester des combinaisons d'écartements de semis réalisées avec un semoir à céréales et de densité de semis pour voir lesquelles sont les plus performantes pour la mise en culture du soja sur coteaux argilo-calcaires.

2. Situation de l'essai

Lieu : 32 000 AUCH, domaine expérimental de la Hourre

Sol : Argilo-calcaire, parcelle LH6B-Sud, Cf. texture ci-dessous

Texture parcelle LH6B-Sud (0-20 cm)



3. Type d'essai et modalités étudiées

Essai en blocs à trois répétitions, avec observations et mesures réalisées sur deux placettes (2 rangs contigus sur 1 m) par parcelle élémentaire. Le facteur étudié est l'itinéraire

technique. Les comptages et mesures réalisés ont fait l'objet d'une analyse de variance (au risque $\alpha = 5\%$) à 2 facteurs en blocs avec en facteur 1 l'écartement et en facteur 2 la densité de semis. L'analyse de variance sur les mesures est couplée avec un test de comparaison de moyenne permettant de mettre en évidence ou non des groupes homogènes de valeurs (Test Newman-Keuls). Les différentes combinaisons testées sont :

- 2 écartements testés : tous les rangs (16,7 cm) ; 1 rang sur 2 (33,3 cm)
- 3 densités de semis pour un PMG de la semence de 269 g : 550 000 grains/ha (148 kg/ha) ; 700 000 grains/ha (188 kg/ha) ; 850 000 grains/ha (229 kg/ha)

4. Conduite de la culture

Le précédent cultural est un blé d'hiver suivi par une interculture composé de moutarde+vesce pourpre. Les interventions réalisées sur l'essai sont présentées dans le Tableau 1. Cet essai est conduit en sec (sans irrigation). La variété utilisée est Isidor (groupe I).

Itinéraire technique réalisé

Date	Stade culture	Intervention Mesures	Observation	Matériel utilisé
19/07/2016	Maturité	Moisson		Moissonneuse
25/08/2016	Interculture	Déchaumage		Déchaumeur à ailettes
08/09/2016	Semis CV	Semis Couvert	Végétal	Semoir combiné
09/09/2016	Post semis	Roulage semis CV		Grand rouleau squelette
25/01/2017	Végétation	Broyage Couvert		Broyeur
01/02/2017	Interculture	Enfouissement CV		Cultivateur
27/02/2017	Interculture	Désherbage		Déchaumeur à ailettes
21/03/2017	Interculture	Reprise sol		Vibroculteur
20/04/2017	Interculture	Désherbage		Déchaumeur à ailettes
08/05/2017	Interculture	Préparation sol		Herse rotative
10/05/2017	Semis + roulage	Semis Soja ISIDOR		Semoir à céréales
30/05/2017	Végétation	Désherbage		Houe rotative
09/06/2017	Début floraison	Désherbage		Herse étrille
27/09/2017	Maturité	Récolte manuelle		Règle 1m - piquets - épinettes

Tableau 1 : Interventions et matériels utilisés du précédent à l'estimation du rendement par récolte manuelle.

II. Les résultats

1. Les composantes du rendement et architecture de la plante

Les données utilisées et présentées dans cette partie sont synthétisées dans l'annexe 2 à la fin de ce rapport.

a) Les densités de plants

Les pertes à la levée s'élèvent en moyenne de 38% sur l'ensemble de l'essai ce qui correspond aux pertes constatées l'année précédente (Cf. Figure 1). L'analyse de variance montre un effet significatif de l'écartement avec des pertes plus élevées sur les écartements de 30 cm (40% contre 37% pour 15 cm). Ce résultat correspond à ce qui a été constaté en 2016. Enfin sur les 3 années d'expérimentation, la densité de semis n'impacte pas la levée.

Pertes de plants du semis à la récolte

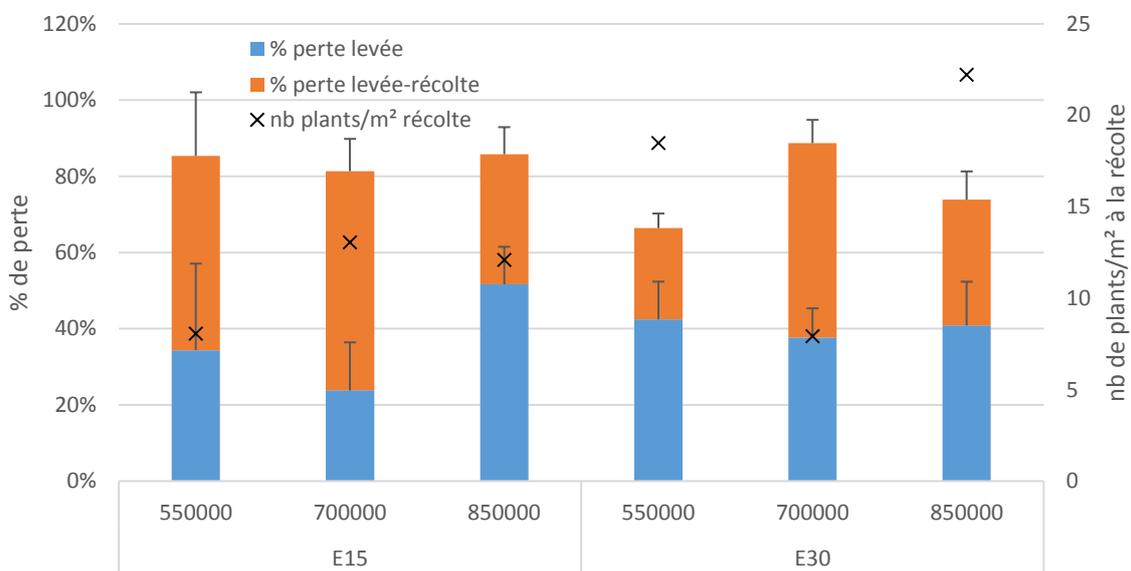


Figure 1 : Pourcentages de pertes de pieds selon l'écartement et la densité de la levée et pour la période la levée à la récolte. Les comptages levés ont été effectués le 29 mai 2017 et les mesures à la récolte le 27 septembre. Les prélèvements ont été faits sur 2x2 m sur chaque microparcelle. E15= écartement 15 cm, E30=écartement 30 cm. 550=550000 grains/ha, 700=700000 grains/ha, 850=850000 grains/ha.

La perte entre la levée et la récolte est significativement corrélée à l'écartement et à la densité ainsi qu'à leur interaction. Les regroupements prenant en compte la densité et l'écartement et la densité ne permettent cependant pas de séparer significativement les modalités. Sur cette période, les écartements de 15 cm ont des pertes plus élevées en moyenne avec 48% de pertes contre 36% pour les écartements de 30 cm. Les densités de semis de 700000 grains/ha sont significativement différentes (groupe a) avec des pertes de 54% contre 38 et 34% de pertes pour les densités de semis de 500000 et 850000 grains /ha (groupe b).

Sur les pertes totales à la récolte l'effet de l'écartement et de la densité apparaissent significatifs de même que leur interaction. Sur la densité de semis de 550000 il apparait qu'il y a sensiblement moins de pertes par rapport aux deux autres densités de semis qui apparaissent équivalente. Les écartements de 15 cm favorisent les pertes de plants (84%) plus que les écartements de 30 cm (76% de perte). Cette fois sur les deux facteurs les regroupements montrent que les pertes sont équivalentes sur les modalités E30-700000, E15-

85000 et E15-550000 (groupe a) avec des pertes qui sont comprises entre 89 et 85%. Les modalités E15-700000 (81% de pertes, groupe ab) et E30-850000 (74% de pertes, groupe BC) sont intermédiaires avec la modalité E30-550000 (66% de pertes, groupe c). Cela montre bien que les pertes ne sont pas seulement dépendantes de la densité ou de l'écartement mais bien de l'interaction entre les deux.

Au final, les différences entre modalités sur le nombre de plants à la récolte est dépendant de la perte de pieds entre la levée et la récolte. Grace à une ANCOVA sur le nombre de plants à la récolte, les pertes à la levée et les pertes entre levée et récolte montre que le nombre de plants à la récolte dépend pour 19% de la densité de semis, 40% de la perte au semis et pour 41% des pertes entre levée et récolte.

b) Hauteur de plant et d'insertion de la 1^{ère} gousse

Les hauteurs de la 1^{ère} gousse et des plantes ont été mesurées sur les échantillons prélevés à la récolte. Comme bien souvent avec la variété Isidor et encore plus en situation non irriguée, la hauteur de la 1^{ère} gousse est basse, avec ici une moyenne de 8,5 cm. Cette année l'analyse de variance ne distingue pas d'effet en lien avec l'écartement de semis contrairement à l'année précédente où les densités de semis étaient apparues significativement reliées à cette hauteur d'insertion de la première gousse.

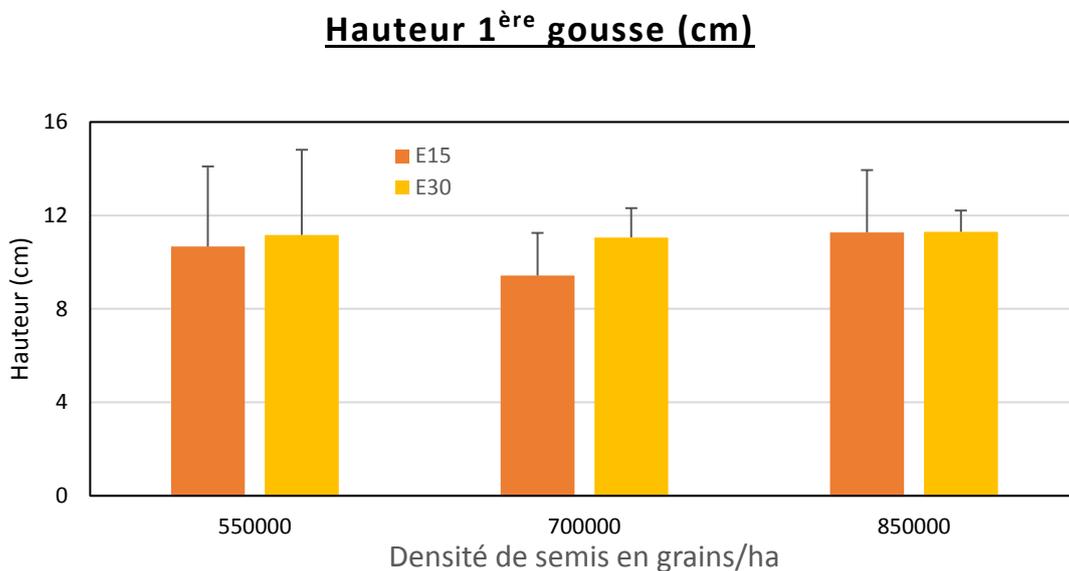


Figure 2 : Hauteur d'insertion de la première gousse mesurée au prélèvement récolte du 27 septembre 2017. Les prélèvements ont été faits sur 2x2 m sur chaque microparcelle. Les barres d'erreur correspondent à l'écart type calculé sur les 3 blocs. E15= écartement 15 cm, E30=écartement 30 cm. 550=550000 grains/h.

Pour la hauteur des plantes (Figure 3), la moyenne générale est de 40 cm ce qui est bien plus faible que la valeur habituelle. L'analyse de variance montre qu'il y a une interaction entre écartement et densité qui explique les différences de hauteurs observées sur les modalités. Toutefois, les facteurs seuls ne sont pas significativement corrélés aux hauteurs mesurées et

le regroupement avec le test de Newman et Keuls ne montre aucun groupe significativement différent en termes de hauteur.

Hauteur plantes (cm)

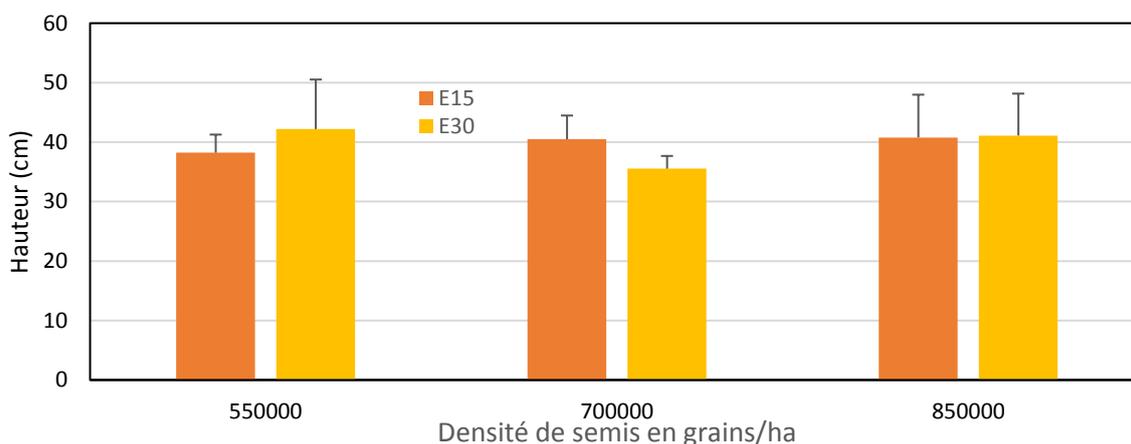


Figure 3 : Hauteur de plantes selon l'écartement et la densité au prélèvement récolte du 27 septembre 2017. Les prélèvements ont été faits sur 2x2 m sur chaque microparcelle. Les barres d'erreur correspondent à l'écart type calculé sur les 3 blocs. E15= écartement 15 cm, E30=écartement 30 cm. 550=550000 grains/h.

c) Nombre de gousses produites

Le nombre de gousses par plante est en moyenne de 30. Cette année, le nombre de gousses par plant est significativement relié à l'écartement et non pas à la densité de semis contrairement à l'année précédente : en moyenne sur les écartements de 15 cm le nombre de gousses par plantes est de 43 contre 18 pour les écartements de 30 cm. Toutefois sur les écartements de 15 cm

Nombre de gousses par plant

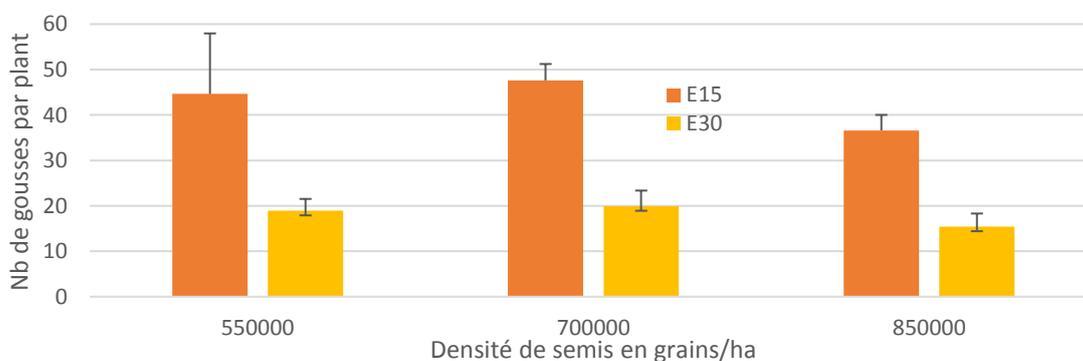


Figure 4 : Nombre de gousses par plant à la récolte (prélèvement le 27 septembre). Les prélèvements ont été faits sur 2x2 m sur chaque microparcelle. Les barres d'erreur correspondent à l'écart type calculé entre les 3 blocs. E15= écartement 15 cm, E30=écartement 30 cm. 550=550000 grains/h.

Cette année encore les sojas montrent qu'il existe des phénomènes de compensation, plus la densité semée est faible et plus le nombre de gousses par plant est élevé. L'analyse statistique distingue une différence significative entre écartements mais aussi de l'interaction densité de semis x écartement sur cette variable. Les regroupements statistiques différencient les écartements de 30 cm x densité de 850000 grains par m² avec des gousses au m² les plus faibles et à l'inverse le plus faible écartement avec la plus faible densité présente significativement le plus grand nombre de gousses au m². Autrement les autres modalités ne se différencient pas sur le plan statistique.

Le nombre de gousses au m² est de 311 en moyenne avec des différences significatives en fonction de l'interaction des deux facteurs étudiés (Cf. Figure 5). Tout comme pour la hauteur, le lien n'est pas direct avec les densités et écartement seuls. Néanmoins, contrairement à la mesure de hauteur il est possible de regrouper les modalités selon leur production de gousses au m² : il apparaît que les écartements les plus importants de 30 cm (densité 550000 et 850000 grains/m²) ou les écartements de 15 cm semés en plus forte densité (700000, 850000 grains/m²) favorisent la production de gousses. Enfin les densités de 550000 grains/m² avec un semis écarté de 15 cm ne permettent pas d'obtenir une quantité de gousses équivalente aux autres modalités. Enfin, la E15, densité 700 apparaît groupée avec la plus faible production de gousse : cela est très probablement lié à la perte de plants constatée précédemment et qui est difficilement explicable au regard des modalités étudiées. Par ailleurs, ce nombre de gousses par m² est très dépendant du nombre de plants présent dans les modalités ($R^2=0.83^{***}$).

Nombre de gousses par m²

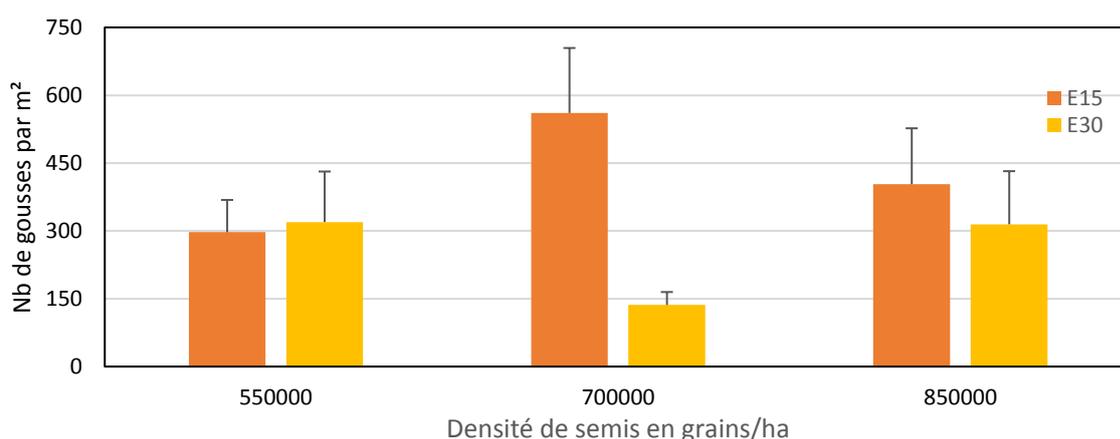


Figure 5 : Nombre de gousses par m² comptées à la récolte le 27 septembre. Les prélèvements ont été faits sur 2x2 m sur chaque microparcelle. E15= écartement 15 cm, E30=écartement 30 cm. 550=550000 grains/h.

d) Nombre de grains produits

Le nombre de grains/gousse est en moyenne de 2.22, ce qui est plutôt dans la moyenne. Pour cette composante il y a un effet significatif de la densité de semis, de l'écartement et de leur

interaction. Sur les écartements les plus importants de 30 cm le nombre de grains/gousse est le plus important avec 2.8 grains soit 1.1 grain de plus que sur les écartements de 15 cm. Cet écart très important est à modérer puisque la modalité écartement 30 cm x densité de semis 700000 est à un nombre de grains par gousse situé à 4.6. Cette valeur très importante montre qu'il y a eu une compensation importante avec le nombre de gousses produites sur cette modalité. En excluant cette valeur on obtient un écart moyen de 0.27 grains. Les regroupements par densités de semis montrent que le nombre de grains/gousse pour la densité de semis de 700000 grains/m² est significativement plus important que les autres modalités qui elles même ne sont pas significativement différentes entre elles (densités 550000 et 850000 grains/ha).

Le nombre moyen toutes modalités confondues de grains/m² est de 703 ce qui est assez faible notamment par rapport à l'année précédente (1488 grains/m² en 2016). Pour cette composante l'analyse de variance ne distingue aucun effet de la densité de semis, ni de l'écartement.

Ce résultat valide cette année encore la forte capacité de compensation sur les plus faibles densités de semis et les pertes de plants du soja grâce au nombre de grains/gousses et au nombre de gousses par plant

Nombre de grains par gousses

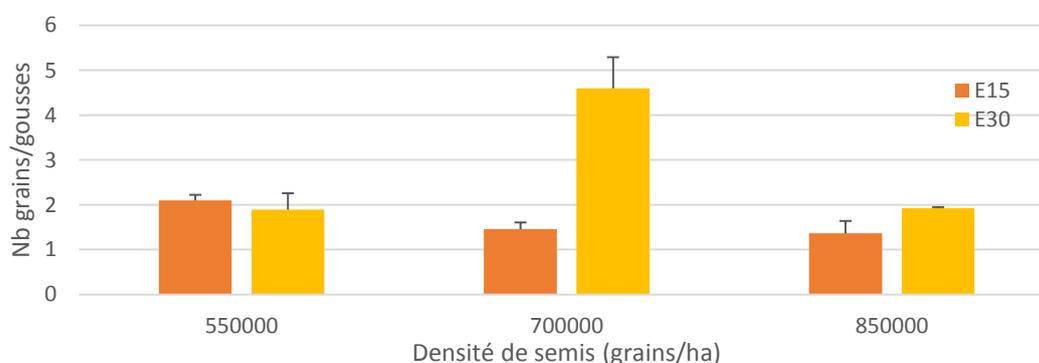


Figure 6 : Nombre de grains par gousses selon l'écartement et la densité de semis initiale. E15=écartement 15 cm, E30=écartement 30 cm. 550=550000 grains/h.

2. Architecture des plantes à la récolte

Les données utilisées et présentées dans cette partie sont synthétisées dans l'annexe 2 à la fin de ce rapport. L'architecture du soja a été caractérisée sur 20 plants par modalités sur les traits suivants :

- Nombre de gousses sur la tige principale
- Nombre de ramifications par plante
- Nombre de gousses sur les ramifications.

a) Analyses des traits architecturaux du plant de soja

Le nombre de gousses sur la tige principale varie peu sur l'essai (Cf. Figure 7), il est en moyenne de 7.8 gousses par plant. L'écartement est significativement corrélé à ce nombre : pour la modalité écartement 15 cm elle est en moyenne de 7 et de 8.6 pour les écartements de 30 cm. Ce nombre de gousses sur la tige principale est corrélé significativement et positivement avec le nombre de gousses sur les ramifications.

Le nombre de ramification est peu élevé, avec en moyenne 2.4 ramifications par plante. Il y a cependant un effet de la densité qui apparait significativement relié à la production de ramification : les écartements plus importants favorisent la ramification, probablement à cause de la compétition au sein des rangs de soja. Sur les écartements de 15 cm le nombre de ramification moyen est de 2.4 contre 2.6 sur les écartements de 30 cm

Le nombre de gousses sur les ramifications est en moyenne de 4.5 cette valeur est assez importante en comparaison du nombre total de gousses produites, car en moyenne elles correspondent à 40% des gousses au total. Ce résultat se rapproche de ce qui a été constaté l'année précédente où 47% des gousses provenaient des ramifications du soja. Cette année le nombre de gousses par ramification est significativement relié à la densité de semis avec un nombre de gousses sur les ramifications plus élevé sur les densités de semis les plus faibles et inversement pour les densités de semis plus élevé. Pour les semis à 550000 grains/m² le nombre de gousses sur les ramifications est en moyenne de 5.3 contre 4.5 pour les densités de semis de 700000 grains/ha et 3.9 sur les densités de 850000 grains/ha.

Le nombre de gousses produit par plant

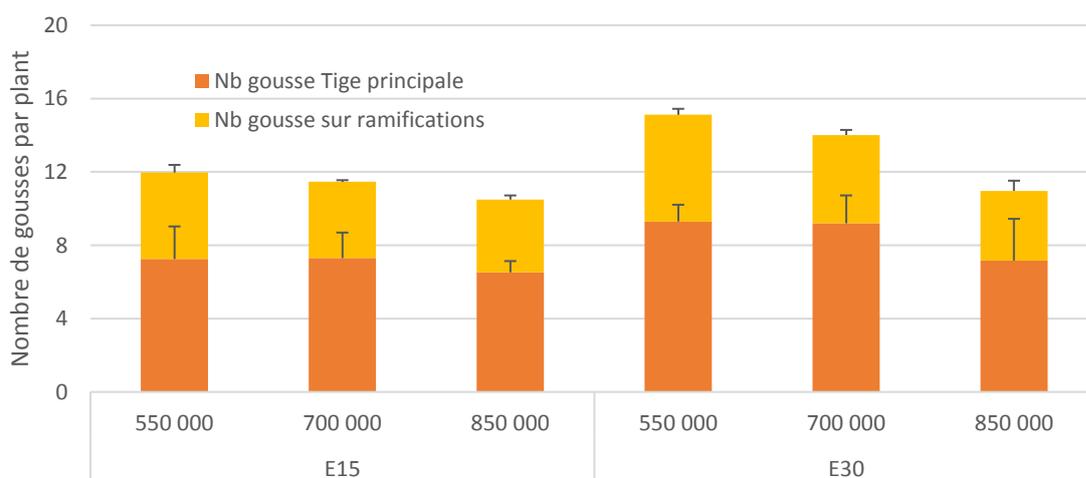


Figure 7 : Nombre de gousse produit par plant et selon l'emplacement sur la plante : tige principale ou ramification. E15= écartement 15 cm, E30=écartement 30 cm. 550000, 700000, 850000 correspondent aux densités de semis en grains/ha. Les mesures ont été effectuées sur un prélèvement fait avant récolte le 27 septembre 2017. Les barres d'erreur représentent l'écart type sur 20 plants.

b) Bilan sur l'effet de l'écartement et de la densité

Sur les 3 ans d'essai, les mesures sur l'architecture de la plante ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- Les écartements plus importants favorisent la production sur la tige principale et la production de ramifications
- Les densités de semis plus faibles ont tendance à privilégier le nombre la production de gousses sur les ramifications
- Il y a peu ou pas d'effet de la densité de plants sur la production de gousses
- Sur la production de gousses seule, le meilleur écartement et densité semis est le semis à 550000 grains/m² avec un écartement de 30 cm.

3. Le grain à la récolte

Les données acquises sur le grain à la récolte sont présentées Tableau 2.

Ecartement	Nombre grains semé/ha	PMG à 15% (g)	Rendement à 15% (q/ha)	% Protéines
15 cm	550 000	188.2 ± 1.7	11.7 ± 2.6	43.9 ± 2.7
	700 000	175.7 ± 3.2	14.4 ± 4.3	42.4 ± 2.9
	850 000	173.1 ± 2.7	9.2 ± 1.4	43.8 ± 2.7
30 cm	550 000	189.1 ± 5.8	11 ± 2.7	44 ± 0.8
	700 000	188.7 ± 6.8	12.1 ± 4.6	43.4 ± 0.7
	850 000	171.8 ± 11	10.6 ± 4.7	44.4 ± 0.6

Tableau 2 : PMG, rendement aux normes et teneur en protéines du soja à la récolte selon les modalités d'écartement de densité de semis.

a) Le PMG

Le PMG moyen est de 181.1 g valeur un peu faible à mettre en lien avec les conditions climatiques très sèches en fin de cycle qui n'ont pas été compensées par les pluies de septembre (cf. année climatique en annexe 1 et le PMG Figure 8). L'analyse de variance présente des différences significatives en lien avec les densités de semis. Le PMG apparaît significativement plus faible sur la densité de semis la plus élevée (850000 grains/m²) avec un PMG de 171 g contre 181 g et 188 g pour les densités de 700000 et 500000 grains/ha. Ces écarts sont toutefois relativement modérés puisqu'ils représentent 6% de différence entre les deux modalités 500000 grains/ha et 850000 grains/ha.

Le PMG par modalité

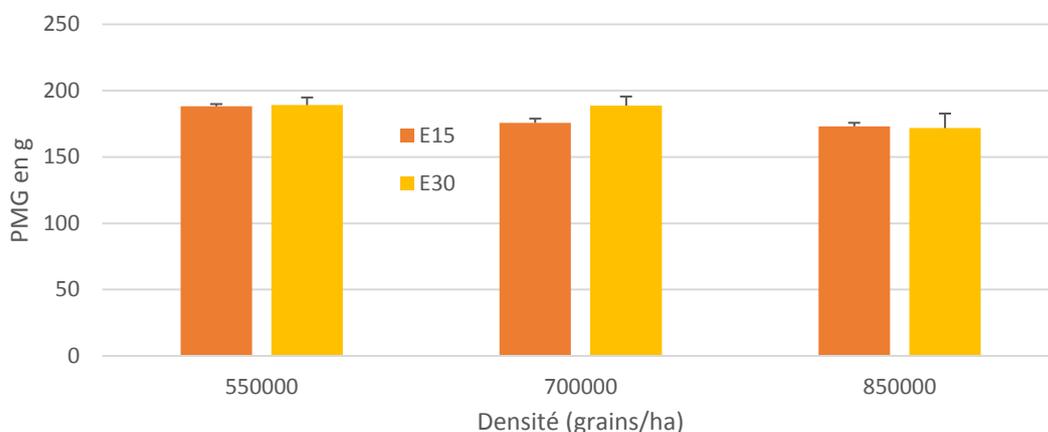


Figure 8 : PMG sur le rendement aux normes selon les densités de semis et les écartements. E15=écartement 15 cm, E30=écartement 30 cm. 550000, 700000, 850000 correspondent aux densités de semis en grains/ha. Les mesures ont été effectuées sur un prélèvement fait avant récolte le 27 septembre 2017. Les barres d'erreur représentent l'écart type entre les 3 blocs.

b) La teneur en protéines et rendement grain

Le rendement moyen obtenu sur l'essai est de 11.5 q/ha et la teneur en protéines de 43.6%. L'analyse de variance ne permet de distinguer de différence significative sur le rendement ni sur la teneur en protéines.

Rendement et teneur en protéines à la récolte

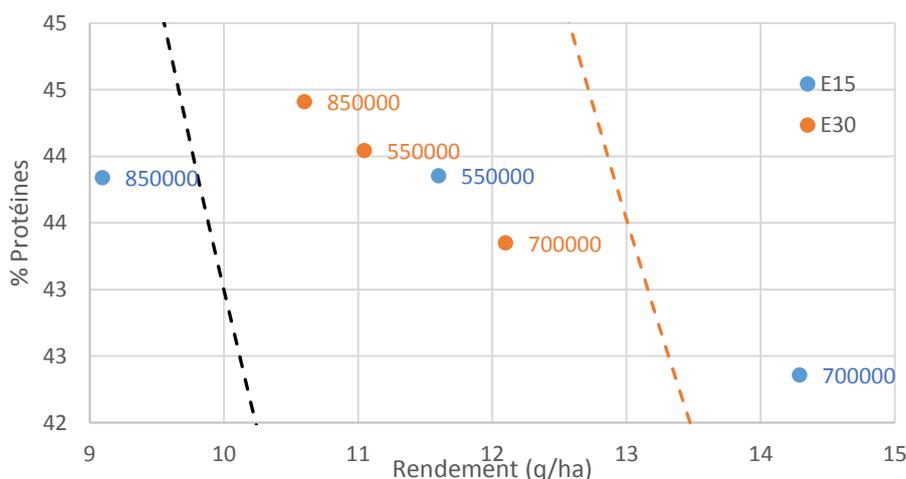


Figure 9 : Rendement et teneur en protéines moyennes sur les 3 blocs suivant les modalités de densité de semis et écartements. Les lignes correspondent aux moyennes de l'essai + ou - l'écart type. E15=écartement 15 cm, E30=écartement 30 cm. 550000, 700000, 850000 correspondent aux densités de semis en grains/ha. Les mesures ont été effectuées sur un prélèvement fait avant récolte le 27 septembre 2017.

Toutefois même si l'analyse n'a pas permis de distinguer de modalité différente certaines tendances observées cette année correspondent aux constats des années précédentes : la densité de 700000 grains/ha semble être celle qui permet de dégager le meilleur rendement et teneur en protéines. En particulier l'écartement de 15 cm couplé avec la densité de semis à 700000 grains/ha semble permettre le meilleur rendement/ teneur en protéines.

III. Synthèse des trois années d'essai

Pour discuter des facteurs importants pour l'estimation le rendement est considéré comme étant la résultante de l'équation suivante :

$$\text{Rendement} = \text{nb plants/m}^2 \times \text{nb gousses/plant} \times \text{nb grain/gousse} \times \text{poids du grain (PMG)}$$

Sur la base de cette équation il est possible d'estimer le poids de chaque composante du rendement sur le rendement final en % (Figure 10). Il apparaît clairement que le premier facteur explicatif est le nombre de plant au m² à la récolte. Les autres facteurs ont toutefois un poids important

Facteurs explicatifs du rendement obtenu sur 3 ans d'essais

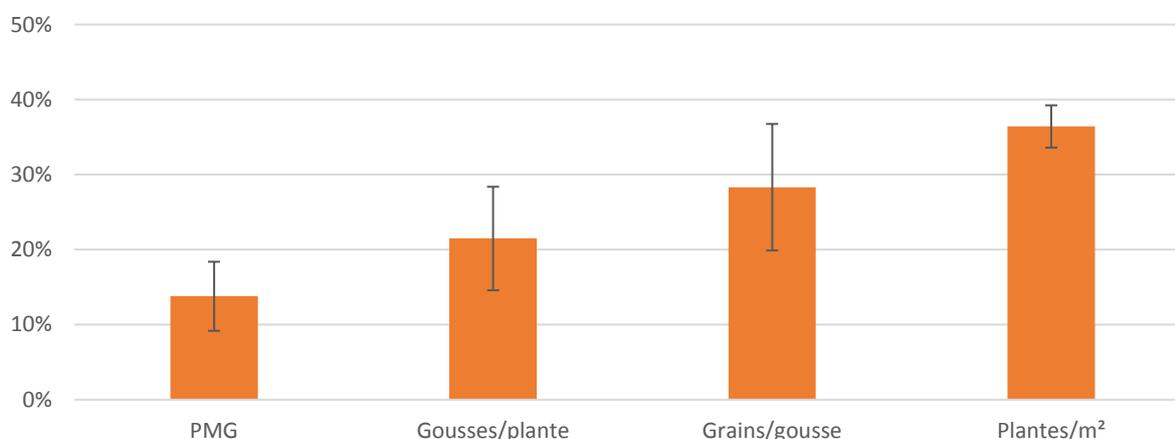


Figure 10 : Différentes composantes du rendement à la récolte et leur poids sur le rendement exprimé en pourcentage sur les 3 années d'essai de 2015 à 2017. Ces pourcentages ont été obtenus sur la base des coefficients pondérés issus de régressions linéaires multiples avec y =rendement et x =composantes du rendement. Les valeurs du graphique sont la moyenne (histogramme) et l'écart type (barres d'erreur) sur les 3 ans d'essai. Tous les coefficients sont apparus significatifs en 2015 et 2016 mais en 2017 seuls le nombre de plants/m² et le nb de grains/gousses étaient significativement corrélés.

Par ailleurs une note de a été attribuée à chaque modalité par année climatique établie sur la base du classement des 6 modalités de l'essai et moyennée sur les 3 ans pour établir la note de chaque modalité. Cette note permet de s'affranchir du potentiel de rendement lié à l'emplacement de l'essai et à l'année climatique pour ne comparer que les modalités entre elles. Grace à ces notes attribuées pour chaque modalité, il apparaît clairement que les

modalités d'écartement de 15 cm permettent de meilleurs rendements en moyenne sur trois ans et en particulier pour les densités proches de 700000 grains/ha.

Notes moyennes sur le rendement selon les modalités écartement x densité

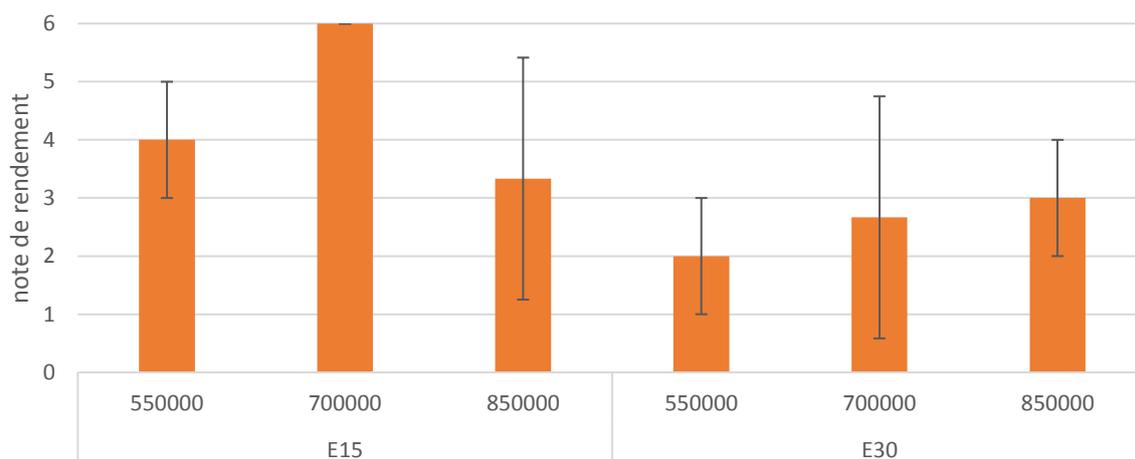


Figure 11 : Notes moyennes attribuée sur les 3 ans d'essai selon le classement annuel des rendements obtenus sur l'essai. Le rendement le plus faible à la note de 1 et le rendement le plus élevé la note de 6. Les barres d'erreur correspondent à la variabilité du classement sur 3 ans.

IV. Discussion et conclusion sur l'essai

Les essais conduits sur 3 ans ont montrés que la modalité qui permet les meilleurs rendements pour un soja conduit sans irrigation et quelque soit l'année est celle où la densité de semis est de 700000 grains/ha pour un écartement de 15 cm. Il est probable que l'optimum de semis soit en réalité compris autour 700000 grains/ha. Cet optimum ne correspond pas seulement à rendement moyen le plus élevé mais aussi le plus stable. Les résultats sur les essais de Terres Inovia suggèrent que la densité de semis optimale serait en dessous compte tenu des charges liées à l'achat de la semence (compromis rendement/ cout des semences). Toutefois la densité ne doit pas être trop diminuée au risque que la hauteur d'insertion de la première gousse diminue (résultat 2016).

Le poids des composantes du rendement sur le rendement final varie suivant l'écartement et la densité. Sur la modalité qui permet le rendement le plus stable et important (E15-700000) la production de gousses par plant ainsi que le peuplement à la récolte ont permis d'assurer sur les 3 ans le meilleur rendement. En effet, une part de l'explication est que sur cette densité/écartement le soja est plus apte à compenser les pertes de pieds par une augmentation du nombre de gousses par plant. Sur la Figure 12 on peut constater que par rapport à la tendance sur l'ensemble des microparcelles et des années climatiques la modalité E15-700000 se situe au dessus. Ce compromis entre densité et écartement favoriserait donc la résilience du soja face aux incidents de développement entraînant la perte de pieds.

La relation entre le nombre gousses/plant et le nombre de plant à la récolte

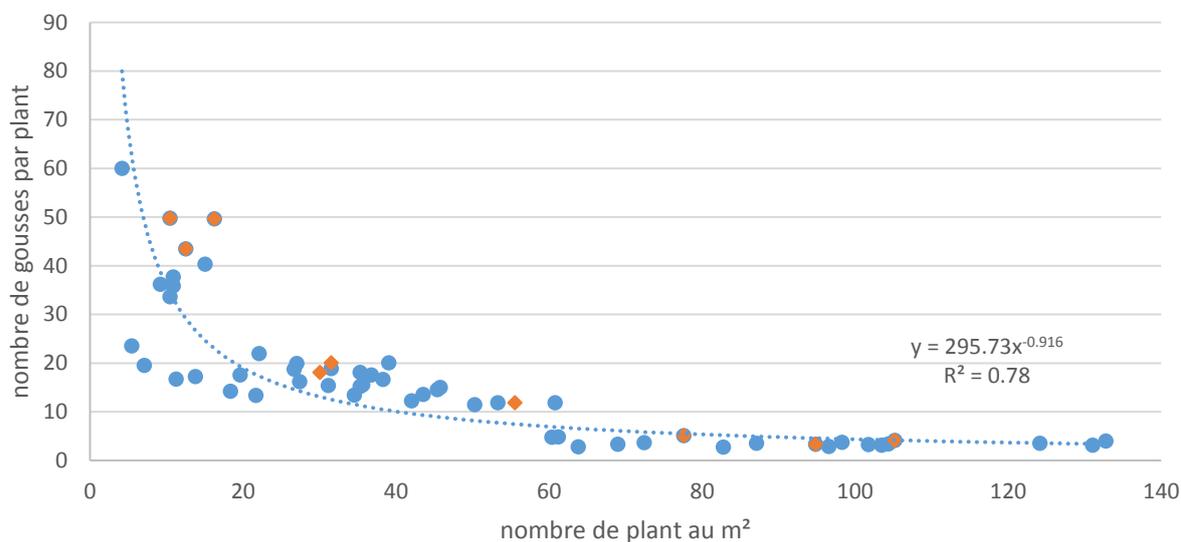
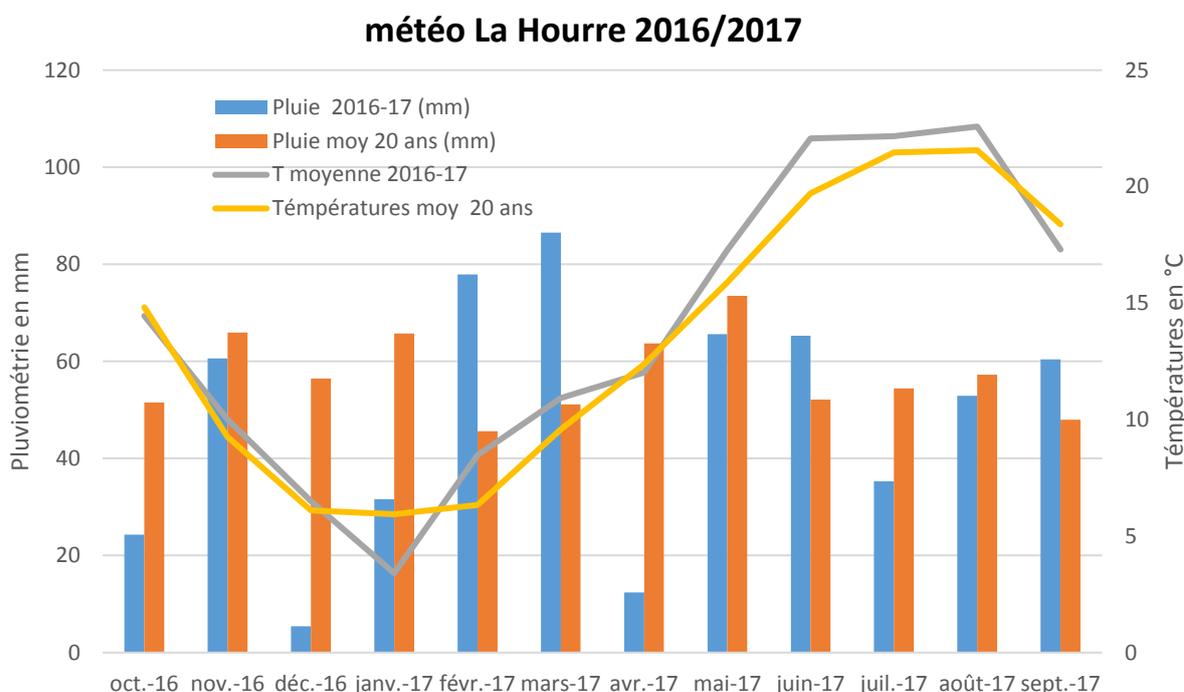


Figure 12 : Relation entre nombre de gousses/plants et le nombre de plants/m² estimés à la récolte sur toutes les répétitions et les 3 ans d'essai. Les points en rouge représentent la modalité semée avec l'écartement de 15 cm pour une densité de semis de 700000grains/ha.

Les écartements de 15 cm semblent plus pertinent sur une conduite du soja en sec qu'en semant un rang sur deux au semoir à céréales. Ces résultats peuvent différer avec un semis effectué avec un semoir monograin, la fermeture des rangs étant moins importante sur ce type de semoir. L'effet de la fermeture du rang en étant moins prononcé entre écartements cela pourrait donc changer le classement entre les différentes modalités : les différences entre modalités face au risque de dessèchement du sol et donc au stress hydrique serait moindre.

Annexe 1 : climatologie campagne 2016-2017

Les références à la moyenne concernent la moyenne des 20 dernières années

**Automne 2016 (octobre à décembre)**

En termes de températures, l'automne 2016 était dans la moyenne de ce qui a été observé ces 20 dernières années. Les 1^{ères} gelées sont arrivées dès le 1^{er} décembre avec des températures qui ont pu tomber à -4,3°C le 12 décembre. En décembre il y eu 16 jours avec des gelées matinales ce qui est bien plus que l'année précédente où 8 jours de gel avaient été constatés. L'automne fut également très sec avec un cumul de 90 mm en trois mois pour une moyenne de 174 mm avec un mois d'octobre (24,3 mm) et décembre très sec (5,4 mm). Les semis furent donc réalisés en conditions de sol sec.

Hiver 2016-2017 (janvier à mars)

Le début de l'hiver a été assez froid, avec en janvier une température moyenne mensuelle de 3,4°C associé à 17 jours de gelées matinales. Les températures sur janvier ont pu descendre jusqu'à -8,8°C le 19 janvier. En revanche, en février et mars les températures étaient supérieures à la normale avec respectivement +2,13°C et +1,34°C par rapport à la moyenne sur 20 ans. Les précipitations ont été faibles sur la période hivernale avec une différence de pluviométrie par rapport à la moyenne de 32,6 mm. La pluviométrie en janvier a été très faible par rapport à la période (31,6 mm) mais a été compensé par des pluies plus importantes en février et mars. Les conditions climatiques ont permis l'implantation des arbres pour

l'agroforesterie fin janvier et les interventions de désherbage sur les parcelles pour gérer les adventices de février à mars.

Printemps 2017 (avril à juin)

Les trois mois du printemps sont proches de la moyenne pour les températures avec tout de même une température un peu plus élevée pour les mois de mai et juin (+1,38 et + 2,36°C par rapport à la moyenne). Sur la fin du mois d'avril les températures basses ont occasionné des dégâts de gel sur le blé (Cf. photo à la suite). Toujours au mois d'avril les précipitations ont été très faibles (12,4 mm) et ce manque d'eau n'a pas été rattrapé aux mois de mai et juin avec les 131 mm apporté par la pluie. Ces conditions furent également favorables au développement du botrytis sur les fèves.

Été 2017 (juillet à septembre)

Les températures moyennes sur cette période sont proches de la moyenne sur 20 ans. Les pluies peu abondantes de juillet (-19 mm par rapport à la moyenne) ont été compensées en partie en septembre (+12 mm par rapport à la moyenne).

Annexe 2 : Composantes du rendement estimées par placettes

Ecartement	Nombre grains semé/ha	Plantes levée/m ²	Plantes/m ² récolte	Gousses/plantes	Gousses/ m ²	Grains/gousse	Grains/m ²
15 cm	550 000	36.1 ± 12.5	8.1 ± 3.5	44.6 ± 13.3	330 ± 79.2	2.1 ± 0.1	688.3 ± 149.4
	700 000	53.3 ± 8.8	13.1 ± 3	47.6 ± 3.6	622.8 ± 159.7	1.5 ± 0.2	907.6 ± 256.4
	850 000	41.1 ± 8.4	12.1 ± 2.5	36.6 ± 3.4	447.8 ± 137.5	1.4 ± 0.3	589.2 ± 88.3
30 cm	550 000	31.7 ± 5.5	18.5 ± 4.3	18.9 ± 2.6	355 ± 124.1	1.9 ± 0.4	651.2 ± 176.2
	700 000	43.6 ± 5.4	7.9 ± 3	19.9 ± 3.5	151.1 ± 32	4.6 ± 0.7	706.4 ± 241.6
	850 000	50.3 ± 9.8	22.2 ± 4.2	15.4 ± 2.9	349.4 ± 130.5	1.9 ± 0	674.7 ± 253.1

Tableau 3 : Composantes du rendement : plantes à la levée, plantes/m² à la récolte, gousses/plant, gousses/m², grains/gousse et grains/m². Les prélèvements ont été faits sur 2x2 m sur chaque microparcelle. Les valeurs présentées dans le tableau sont les valeurs moyennes (valeur de gauche) entre les trois blocs accompagnés de l'écart type correspondant (valeur de droite).

Annexe 3 : Architecture des plants de soja par modalités

Ecartement	Nombre grains semé/ha	Nb gousse tige principale	Nb ramifications	Nb gousses sur les ramifications
15 cm	550 000	2.3 ± 0.4	8.1 ± 3.5	4.7 ± 1.1
	700 000	2.2 ± 0.1	13.1 ± 3	4.2 ± 0.5
	850 000	2.1 ± 0.2	12.1 ± 2.5	4 ± 0.5
30 cm	550 000	3 ± 0.3	18.5 ± 4.3	5.8 ± 0.4
	700 000	2.7 ± 0.3	7.9 ± 3	4.8 ± 1
	850 000	2.3 ± 0.6	22.2 ± 4.2	3.8 ± 0.9

Tableau 4 : 3 composantes du rendement, nombre de gousses présentes sur la tige principale, nombre de ramification et nombre de gousses sur les ramifications. Les mesures ont été faites sur 20 plants et les valeurs représentent les moyennes et les écart types sur ces 20 mesures x 3 blocs.