

Evaluation et comparaison de variétés de soja conduites en sec et en irrigué en agriculture biologique Campagne 2020



Essai soja conduit en sec, septembre 2020 – photo du CREABio

CREABio

LEGTA Auch-Beaulieu

32020 AUCH Cedex 09

Tél : 05.62.61.71.29

contact.creabio@gmail.com

Les partenaires :



Avec la participation financière du Foyer Ludovic Lapeyrière



TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	5
I. Matériels et méthodes.....	6
1. Contexte pédoclimatique.....	6
2. Description de l'essai et modalités d'analyse.....	6
3. Conduite de l'essai	7
II. Observations en végétation	8
1. Peuplement et pertes à la levée	8
2. Hauteur des plantes et de l'insertion de la 1ère gousse	8
3. Précocité à maturation	10
III. Rendement et qualité.....	10
Composantes du rendement.....	10
Rendement et teneur en protéines	11
IV. Conclusions.....	13

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Campagne climatique du soja 2020.....	6
Figure 2 : Peuplement (moyenne \pm écart-type) des différentes variétés de soja conduites en sec.....	8
Figure 3 : Hauteur moyenne (\pm écarts-types) d'insertion de la première gousse (cm) pour les différentes variétés de soja testées en sec et en irrigué.	9
Figure 4 : Hauteur moyenne (\pm écarts-types) des plantes (cm) à la fin floraison pour les différentes variétés de soja testées en sec et en irrigué.	9
Figure 5 : Rendement (q/ha) moyen (\pm écarts-types) à 14% d'humidité des différentes variétés de soja testées conduites avec et sans irrigation.	11
Figure 6 : Ecart de rendement (moyenne \pm écarts-types) entre la récolte manuelle et la récolte à la moissonneuse pour les différentes variétés de soja avec et sans irrigation.....	12
Figure 7 : Teneur en protéines des grains (en pourcentage de la matière sèche) moyenne des différentes variétés de soja testées avec et sans irrigation.....	12
Tableau 1 : Caractéristiques des variétés de soja testées par le CREABio en 2020.	7
Tableau 2 : Itinéraire technique des essais mis en place.....	7
Tableau 3 : Composantes du rendement pour les différentes variétés évaluées avec et sans irrigation (moyenne \pm écarts-types).....	10



INTRODUCTION

Depuis quelques années en France, on note une augmentation de la pluviométrie en hiver et au contraire une diminution de celle-ci en été. Les risques d'épisodes de sécheresses estivales plus dommageables pour le soja sont ainsi accrus^[1]. Dans ce contexte, il est nécessaire d'orienter nos choix variétaux pour les différentes espèces cultivées afin de maintenir voire d'augmenter les rendements. L'Occitanie est un bassin de production de soja biologique dont une grande proportion des surfaces concernées par cette culture produisent du soja pluvial, c'est-à-dire non irrigué et donc dépendant de la pluviométrie. Il a été montré dans des travaux antérieurs^[2] que certaines variétés de soja pouvaient se montrer plus tolérantes à la sécheresse que d'autres, le choix variétal est donc un levier pertinent pour faire face à cette problématique.

L'objectif de cet essai est donc double : il s'agit (i) d'évaluer et comparer des variétés de soja cultivées avec et sans irrigation afin de caractériser leur comportement en agriculture biologique et de conseiller les agriculteurs par rapport à leur contexte cultural et (ii) de repérer les traits fonctionnels qui pourraient expliquer ces performances variétales face au stress hydrique afin d'orienter la recherche et de donner des éléments pour la sélection de variétés adaptées à la conduite du soja en sec en agriculture biologique.

Afin de trouver des variétés de soja ayant un bon potentiel en absence d'irrigation, leurs caractéristiques agronomiques (précocité à floraison, résistance à la verse), leur rusticité (résistances aux maladies), leur niveau de rendement et leur qualité (protéine des grains) ont été évalués. Le choix des variétés testées a été orienté vers des variétés avec des graines de gros calibre exprimant des teneurs élevées en protéines pour un débouché en alimentation humaine (trituration pour fabrication du Tofu) et des variétés productives pour un débouché en alimentation animale.

En 2016, le CREABio s'est associé à Terres Inovia pour la mise en place de deux essais : un essai avec irrigation géré par Terres Inovia et un essai en absence d'irrigation géré par le CREABio. Les variétés évaluées ont été choisies par nos deux équipes et les deux essais ont été conduits sur la même parcelle pour permettre une comparaison des différences de comportement des variétés en sec et en irrigué. Les résultats obtenus ont permis d'identifier des variétés intéressantes pour la conduite en sec telles que STEARA, ES PALLADOR ou INVENTOR et de soulever l'importance de la hauteur d'insertion de la première gousse pour prédire le comportement des variétés conduites en sec à partir de leur comportement en irriguée. Cependant, la base de données n'est pas suffisante pour conclure, c'est pourquoi l'essai est reconduit pour 3 années, toujours en partenariat avec Terres Inovia. Le protocole a été revu afin de combler les imprécisions qui avaient été observées : une récolte manuelle a ainsi été réalisée, non pas à la même date pour l'ensemble des variétés testées mais en plusieurs fois, à la date de maturité optimale pour chaque variété, afin de limiter les biais liés à l'égrenage. Ce rapport présente les résultats obtenus pour la campagne 2020.

[1] Caballero Y. et Noilhan J., 2003. Etude de l'impact du changement climatique sur les ressources en eau du bassin Adour Garonne. Météo France et Agence de l'Eau Adour Garonne.

[2] Vidal A., ARNAUDO D. et ARNOUX M., 1981. La résistance à la sécheresse du soja I. Influence d'un déficit hydrique sur la croissance et la production. *Agronomie*, 1 (4), 295-302.

I. Matériels et méthodes

1. Contexte pédoclimatique

Les essais ont été mis en place chez un producteur à Castelnaud d'Arbieu (32500) dans le Gers, Occitanie, région présentant un climat océanique dégradé. La campagne climatique de 2020 (**Figure 1**) a été marquée par un été très sec (60 mm de moins par rapport à la moyenne sur 20 ans entre les mois de juillet et août) et très chaud (environ +1,5° C de plus en moyenne pour les mois de juillet et août). Un épisode de grêle en mai a provoqué quelques dégâts mais la ramification des plantes semble avoir compensé l'impact de cet accident.

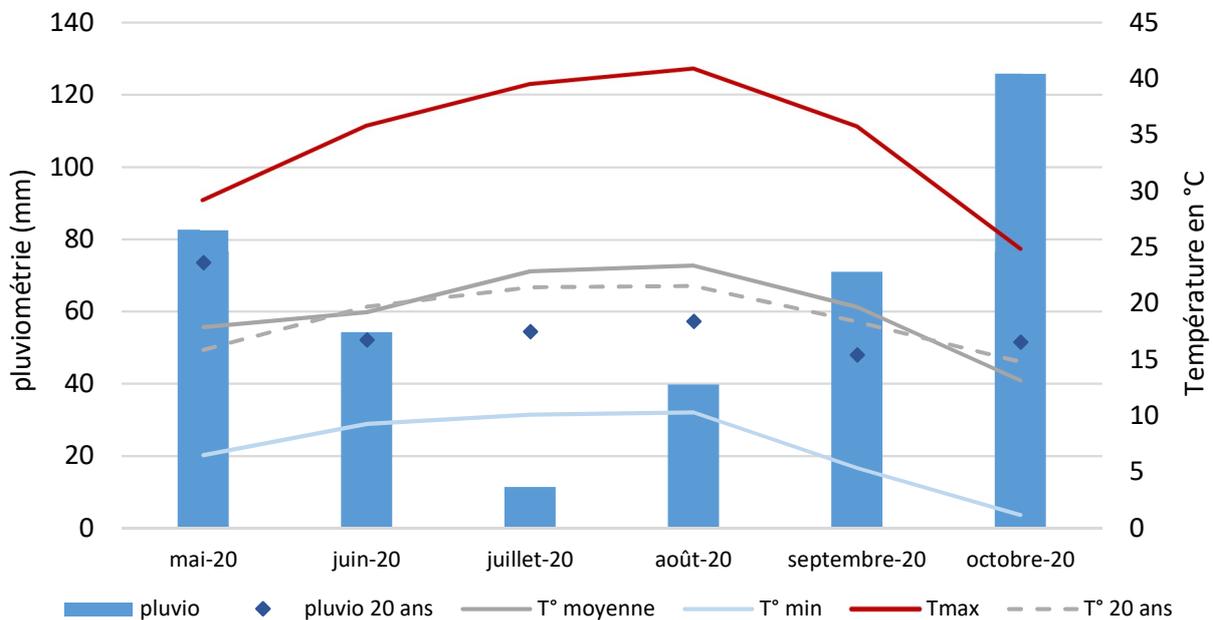


Figure 1 : Campagne climatique du soja 2020.

L'essai est implanté sur une parcelle de vallée présentant des sols argilo-limoneux moyennement battants possédant une grande profondeur de sol.

2. Description de l'essai et modalités d'analyse

Les essais sont en blocs randomisés à trois répétitions, avec observations et mesures réalisées sur deux placettes (2 rangs contigus sur 1 m) par parcelle élémentaire. Le facteur étudié est la variété. Les 6 variétés concernées par cette étude sont présentées dans le (**Tableau 1**).

Expé-R est utilisé pour les analyses de variance et les regroupements par le test de Tukey. Tous les tests sont effectués au risque alpha de 5%.

Tableau 1 : Caractéristiques des variétés de soja testées par le CREABio en 2020. TPS = très peu sensible ; PS = peu sensible ; AS : assez sensible ; S = sensible. Sources : fiches fournisseur, myvar.fr

Variété	Obtenteur/ représentant	Année inscription	Groupe de précocité	Couleur du hile	Sensibilité verse	Sensibilité sclérotinia
ES CREATOR*	Euralis Semences	2018	II	Brun foncé	PS	PS
ES PALLADOR*	Euralis semences	2015	I	Brun clair	PS	S
ISIDOR*	Euralis semences / Actisem	2004	I	Noir	PS	PS
RGT SINFONIA	RAGT Semences	2016	I	Noir	AS	S
RGT STOCATA	RAGT Semences	2019	I	Brun clair	PS	TPS
WENDY PZO	Caussade semences	2014	I	Foncé	PS	AS

* variétés témoin de l'essai

3. Conduite de l'essai

Le précédent était un blé tendre d'hiver et l'ante-précédent un soja, dans une rotation sur 3 ans : soja – soja – blé tendre.

Les itinéraires techniques des deux essais diffèrent sur la gestion de l'irrigation évidemment mais également sur un passage de bineuse en juin, réalisé seulement sur la partie irriguée afin de maîtriser une infestation de panic pied-de-coq.

Tableau 2 : Itinéraire technique des essais mis en place

Date	Stade	Intervention	Matériel utilisé	Commentaire
24/07/2019	Interculture	Désherbage	Déchaumeur à ailettes	
02/09/2019	Interculture	Travail du sol	Décompacteur	25 cm de profondeur
05/05/2020	Interculture	Faux-semis	Vibroculteur + herse plate	
22/05/2020	Interculture	Préparation du sol	Vibroculteur + herse plate	
25/05/2020	Semis	Semis	Semoir précision	4 cm de profondeur, densité de 50 graines/m ² pour l'essai en sec, 40 graines/m ² pour l'essai irrigué
18/06/2020	2 nœuds	Désherbage	Herse étrille	
20/06/2020	2 nœuds	Binage	Bineuse	Seulement sur la partie irriguée
07/07/2020	Début floraison	Binage	Bineuse	
09/10/2020	Maturité	Récolte	Moissonneuse	Seulement la partie en sec
21/10/2020	Maturité	Récolte	Moissonneuse	Seulement la partie irriguée

L'été a été chaud et sec et quatre passages de canon ont été réalisés dans la partie irriguée : deux en juillet, les 15 et 28 juillet, respectivement de 30 et 34 mm, un le 10 août de 35 mm et un dernier en le 14 septembre de 20 mm, soient 119 mm au total.

II. Observations en végétation

1. Peuplement et pertes à la levée

Sur l'essai conduit en sec, les pertes à la levée ont été en moyenne de 15% ce qui est correct. Il n'y a pas d'effet de la variété sur l'état du peuplement à la levée (**Figure 2**).

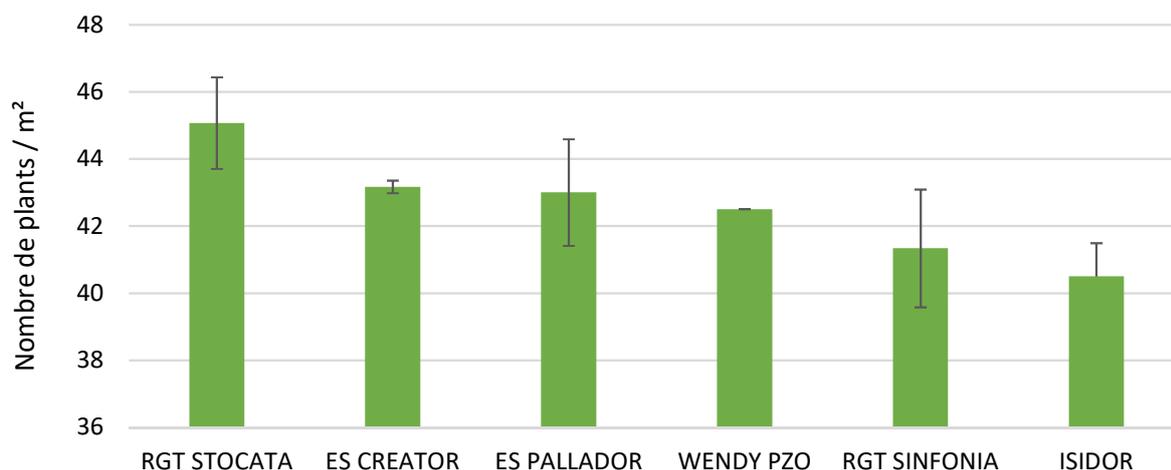


Figure 2 : Peuplement (moyenne ± écart-type) des différentes variétés de soja conduites en sec.

2. Hauteur des plantes et de l'insertion de la 1ère gousse

Dans l'ensemble, toutes les variétés présentaient une hauteur d'insertion de leur première gousse assez basse (**Figure 3**) : 10 cm en moyenne sur l'ensemble des essais, 8 cm en moyenne sur la partie irriguée et 12 cm sur la partie en sec. Les sojas de la partie non irriguée présentent en moyenne une hauteur d'insertion de première gousse significativement plus haute de 4 cm par rapport à la partie irriguée, ce qui pourrait s'expliquer par un stress hydrique qui a retardé la production de gousse. Les variétés ES PALLADOR et ES CREATOR sont celles présentant l'écart le plus faible entre les conduites avec et sans irrigation (2 cm) et RGT SINFONIA celle avec le plus grand écart (7 cm).

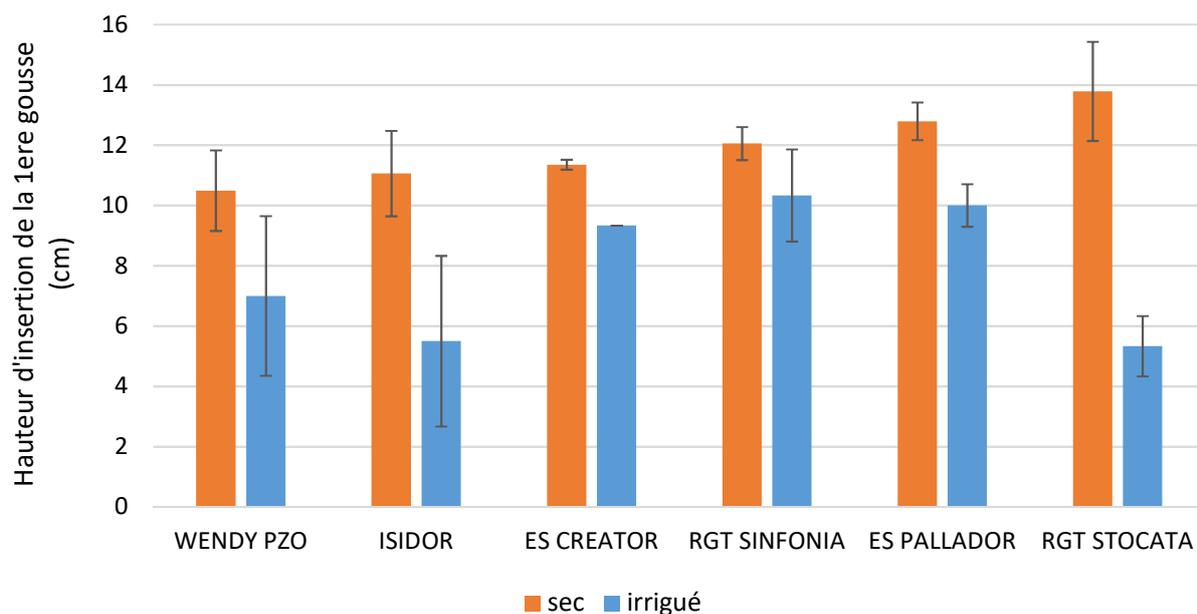


Figure 3 : Hauteur moyenne (\pm écarts-types) d'insertion de la première gousse (cm) pour les différentes variétés de soja testées en sec et en irrigué.

Les sojas de l'essai conduit en sec sont significativement plus courtes (49 cm en moyenne) que celles de l'essai irrigué (79 cm en moyenne). La variété RGT SINFONIA est la plus haute dans les deux essais (88 cm en irrigué et 56 cm en sec) mais le reste du classement varie entre les parties avec et sans irrigation. La variété et la conduite ont un effet significatif sur la hauteur des plantes.

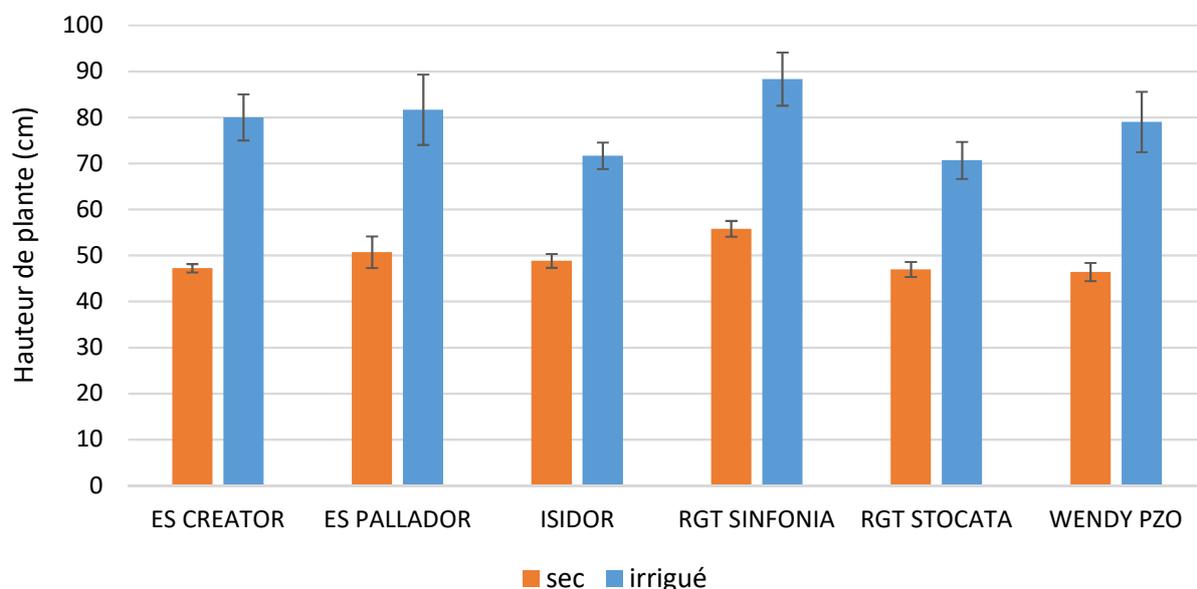


Figure 4 : Hauteur moyenne (\pm écarts-types) des plantes (cm) à la fin floraison pour les différentes variétés de soja testées en sec et en irrigué.

3. Précocité à maturation

La récolte manuelle a été réalisée à deux dates distinctes : le 28 septembre 2020 pour les variétés ES PALLADOR, ISIDOR, ES CREATOR et RGT SINFONIA en conduite en sec et également ES PALLADOR en conduite irriguée. Les variétés RGT STOCATA et WENDY PZO n'avaient pas encore atteint le stade maturité à cette date. Le reste des modalités a donc été récolté une semaine plus tard, le 8 octobre 2020.

III. Rendement et qualité

Composantes du rendement

Les sojas de la partie non irriguée présentent dans l'ensemble plus de ramifications (environ 4 fois plus) mais également moins de gousses par ramification (2 gousses par ramification contre 13 en moyenne) et moins de graines par gousse (2,2 graines par gousse contre 2,4 en moyenne). La conduite a un effet significatif sur ces composantes du rendement et la variété a également un effet sur le nombre de graines par gousse. Les Poids de Mille Grain (PMG) sont similaires entre les deux essais, d'environ 160 g en moyenne (**Tableau 3**), tandis que la variété a un effet significatif : ISIDOR et RGT STOCATA présentent ainsi des PMG significativement supérieur à ceux des variétés ES CREATOR, RGT SINFONIA et ES PALLADOR qui présentent les PMG les plus faibles.

Tableau 3 : Composantes du rendement pour les différentes variétés évaluées avec et sans irrigation (moyenne \pm écarts-types). PMG = Poids de Mille Grains.

Essai	Variété	Nombre de ramifications/ Plante	Nombre de gousses/ Ramification	Nombre de graines/Gousse	PMG à 0% d'humidité
Irrigué	ISIDOR	2,3 (\pm 0,6)	11,0 (\pm 0,2)	2,2 (\pm 0,0)	182,7 (\pm 3,0)
	ES PALLADOR	2,1 (\pm 0,3)	12,6 (\pm 1,7)	2,7 (\pm 0,1)	130,6 (\pm 4,2)
	ES CREATOR	2,1 (\pm 0,2)	13,3 (\pm 1,8)	2,5 (\pm 0,0)	153,7 (\pm 9,9)
	RGT STOCATA	2,0 (\pm 0,2)	11,5 (\pm 0,9)	2,2 (\pm 0,0)	173,5 (\pm 5,0)
	RGT SINFONIA	2,6 (\pm 0,2)	16,1 (\pm 5,3)	2,4 (\pm 0,1)	154,3 (\pm 5,3)
	WENDY PZO	2,4 (\pm 0,3)	12,3 (\pm 2,7)	2,4 (\pm 0,1)	168,3 (\pm 4,2)
Sec	ISIDOR	8,3 (\pm 2,0)	1,7 (\pm 0,5)	2,0 (\pm 0,1)	180,5 (\pm 6,3)
	ES PALLADOR	8,4 (\pm 3,7)	1,8 (\pm 0,5)	2,6 (\pm 0,0)	139,0 (\pm 3,4)
	ES CREATOR	8,5 (\pm 1,5)	1,6 (\pm 0,3)	2,1 (\pm 0,1)	157,2 (\pm 5,3)
	RGT SINFONIA	9,4 (\pm 1,3)	1,8 (\pm 0,2)	2,1 (\pm 0,1)	156,4 (\pm 8,1)
	RGT STOCATA	6,0 (\pm 2,0)	1,3 (\pm 0,0)	2,0 (\pm 0,1)	170,4 (\pm 8,8)
	WENDY PZO	9,6 (\pm 0,9)	2,1 (\pm 0,5)	2,2 (\pm 0,0)	164,0 (\pm 1,6)

On remarque ainsi que sous l'effet du stress hydrique, les variétés ont tendance à beaucoup plus se ramifier mais à produire moins de gousses par ramification. C'est ainsi essentiellement le nombre de graines par gousse qui explique le rendement.

Rendement et teneur en protéines

La conduite et la variété ont un effet significatif sur le rendement. Dans l'essai conduit sans irrigation, les variétés ES PALLADOR et WENDY PZO présentent des rendements significativement plus élevés que les autres. En moyenne le rendement à 14% d'humidité est de 37,3 q/ha avec irrigation et 18,9 q/ha sans irrigation (**Figure 5**). ES PALLADOR et WENDY PZO ont obtenus respectivement des rendements de 42,1 q/ha et 40,6 q/ha avec irrigation et 20,8 q/ha et 19,3 sans irrigation. A deux exceptions près (RGT SINFONIA et RGT STOCATA) le classement variétal est respecté entre les deux essais mais les écarts entre variétés sont moins prononcé : il y a 9 q/ha d'écart entre le rendement le plus faible et le plus élevé dans l'essai irrigué contre 3 q/ha d'écart pour l'essai en sec.

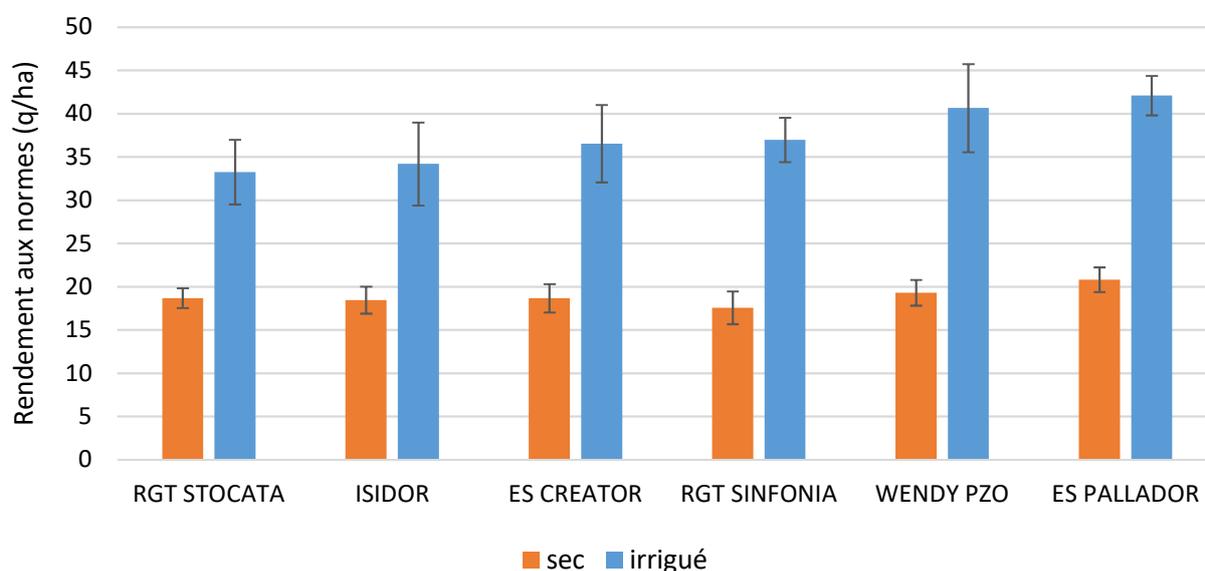


Figure 5 : Rendement (q/ha) moyen (\pm écarts-types) à 14% d'humidité des différentes variétés de soja testées conduites avec et sans irrigation.

Deux récoltes ont été réalisées : l'une manuelle à deux dates différentes selon la maturité des plantes et l'autre à la moissonneuse une fois la maturité atteinte pour l'ensemble des variétés. Sans surprise, les rendements obtenus sont plus élevés lorsque les sojas sont récoltés manuellement (+ 4 q/ha en moyenne sur l'ensemble des essais). La combinaison des deux facteurs entraîne une différence significative (p-value de 0,3 environ). Les écarts de rendements obtenus ne sont pas significativement corrélés à la variété. Les écarts de rendement sont présentés dans la **Figure 6** ci-dessous. WENDY PZO affiche l'écart le plus important dans l'essai irrigué entre le rendement récolté manuellement et celui récolté à la moissonneuse tandis que l'écart est plus faible dans l'essai sans irrigation et c'est plutôt le contraire pour RGT STOCATA. Pourtant, ce sont des variétés tardives qui ont été récoltées manuellement en même temps. En moyenne sur les deux essais, les variétés plus tardives semblent présenter plus de pertes à la récolte moissonneuse, peut-être du fait de brisures plus importantes causées par des grains trop verts. Au contraire, ES PALLADOR qui est la variété la plus précoce est celle avec le moins d'écart de rendement entre la récolte manuelle et celle à la moissonneuse.

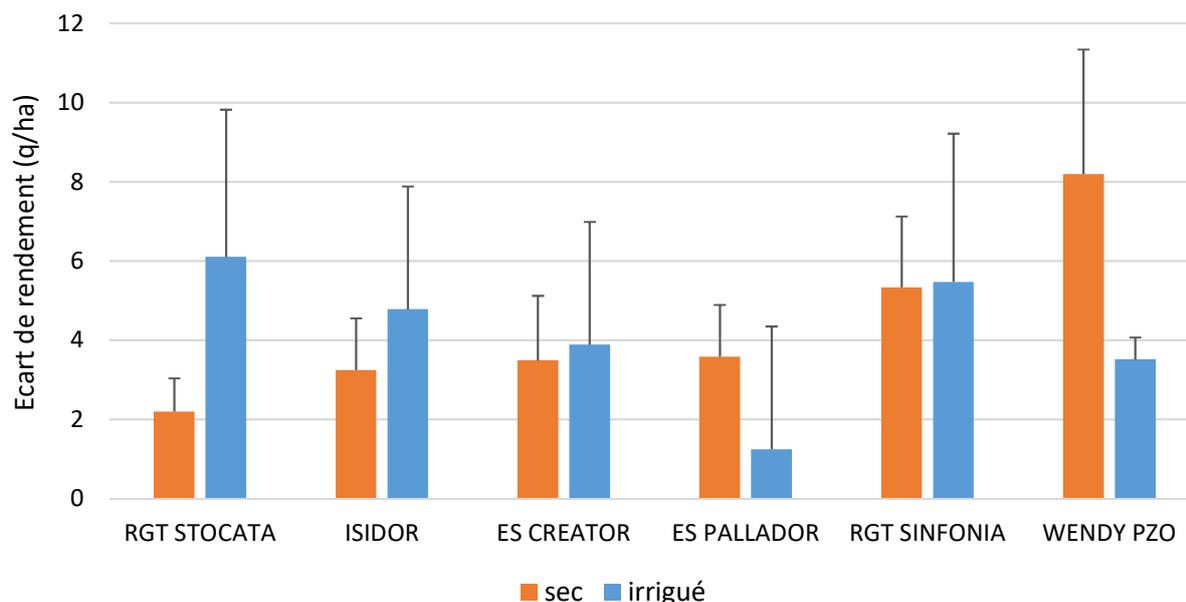


Figure 6 : Ecart de rendement (moyenne \pm écarts-types) entre la récolte manuelle et la récolte à la moissonneuse pour les différentes variétés de soja avec et sans irrigation.

La conduite et la variété ont également un effet significatif sur la teneur en protéines. Les teneurs en protéines sont plus élevées dans l'essai conduit sans irrigation (44,6% en moyenne contre 42,5% dans l'essai irrigué) et WENDY PZO est la variété affichant un taux significativement plus faible que les autres.

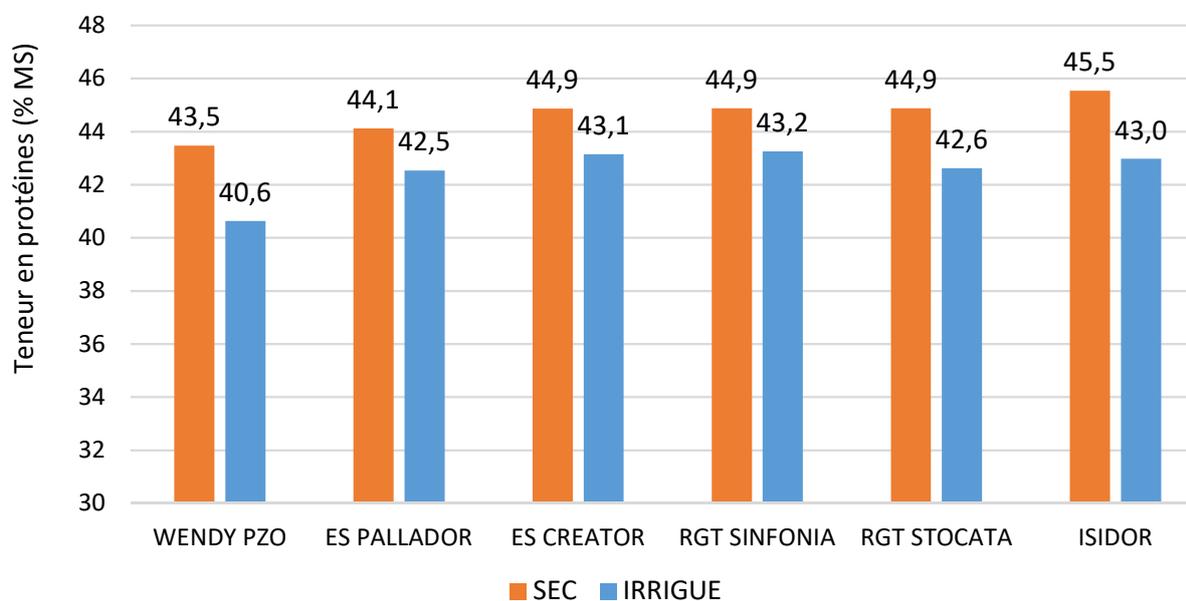


Figure 7 : Teneur en protéines des grains (en pourcentage de la matière sèche) moyenne des différentes variétés de soja testées avec et sans irrigation (échantillons moyens sur les trois répétitions de l'essai envoyés pour analyse).

IV. Conclusions

L'analyse statistique réalisée montre que le rendement s'explique surtout par la variété (les variétés ES PALLADOR et WENDY PZO permettent d'obtenir les meilleurs rendements) et la conduite. Aucun trait fonctionnel ne permet d'expliquer le rendement cette année. La conduite en sec a, sans surprise, un fort impact négatif sur le rendement tandis que la hauteur de plante a un léger impact positif, qui pourrait s'expliquer par le fait qu'une hauteur de culture plus importante permet une meilleure isolation du sol par rapport à l'évaporation. En revanche, la hauteur d'insertion de la première gousse n'a pas d'effet significatif pour cette année. Il faudra attendre les prochaines années d'essais pour confirmer ces observations. Pour les teneurs en protéines, la conduite en sec permet d'obtenir de meilleurs taux car les protéines sont moins diluées. Le choix de la variété WENDY PZO assure en revanche l'obtention de teneurs plus faibles qu'avec les autres variétés.

Les variétés témoins

ISIDOR : Variété de référence pour un débouché en alimentation humaine, elle présente un rendement plutôt faible mais obtient encore une fois les meilleures teneurs en protéines. Son PMG est également le meilleur de l'essai, significativement plus élevé que celui des autres avec RGT STOCATA. Par contre c'est une variété courte avec une première gousse qui s'insère bas sur la plante. Cette variété est plutôt adaptée aux parcelles au relief peu prononcé.

ES PALLADOR : Variété la plus précoce de l'essai, elle a obtenu cette année le meilleur rendement avec une teneur en protéines correcte. En revanche, ses grains sont toujours trop petits pour répondre aux attentes de la filière alimentation humaine. Elle présente cette année une bonne hauteur de plante avec une 1^{ère} gousse qui s'insère à une hauteur moyenne.

ES CREATOR : Variété de taille moyenne à haute avec également une hauteur d'insertion de la première gousse moyenne à haute. Son rendement est toujours variable et se place cette année dans la moyenne de l'essai avec une teneur en protéines correcte. Son PMG est dans la moyenne de l'essai.

Les nouvelles variétés évaluées

RGT SINFONIA : Variété qui présente un rendement dans la moyenne de l'essai, avec un teneur en protéines correcte. Son PMG et la hauteur d'insertion de sa première gousse sont dans la moyenne de l'essai. De faible hauteur, sa première gousse est insérée assez bas. C'est une variété qui semble assez défavorisée par la conduite en sec : elle présente la perte de rendement la plus prononcée et on trouve également un impact sur sa hauteur. Ces observations sont à confirmer lors des prochaines campagnes d'essai.

RGT STOCATA : Cette variété fait partie de celles ayant atteint leur maturité le plus tardivement. Ses tiges ont été les plus hautes de l'année et sa hauteur d'insertion de la première gousse la plus élevée. Testée pour la deuxième année, RGT STOCATA obtient pour



la deuxième fois un rendement faible mais une teneur en protéines correct. Son PMG est de nouveau le deuxième meilleur PMG de l'essai, après ISIDOR.

WENDY PZO : Variété tardive testée pour la troisième année, WENDY PZO confirme son comportement observé les années précédentes : elle affiche un bon potentiel de rendement (le meilleur de 2019, le deuxième meilleur cette année) avec toutefois une teneur en protéines faible. Son PMG est bon et la hauteur de sa première gousse est moyenne. En termes de productivité elle est adaptée à une conduite en sec mais reste pauvre en protéines, d'autant plus lorsqu'elle n'est pas irriguée.

Variétés conseillées :

Alimentation humaine	Alimentation animale
ISIDOR, STEARA, ES INVENTOR, RGT STOCATA	ES PALLADOR, WENDY PZO