

Evaluation et comparaison de variétés de soja conduites en sec et en irrigué en agriculture biologique Campagne 2021



Essai soja conduit en sec, juillet 2021 – photo du CREABio

CREABio

LEGTA Auch-Beaulieu
32020 AUCH Cedex 09
Tél : 05.62.61.71.29

contact.creabio@gmail.com

Les partenaires :



Rédigé par Enguerrand Burel, Laurent Escalier et Cécile Burtin



CENTRE DE RECHERCHE ET D'EXPERIMENTATION EN AGRICULTURE BIOLOGIQUE
au service de l'Innovation en Occitanie et dans le Grand Sud

TABLE DES MATIERES

1. Matériels et méthodes.....	4
a. Contexte pédoclimatique	4
b. Description de l'essai et modalités d'analyse	4
c. Conduite de l'essai	5
2. Observations en végétation	6
a. Peuplement et pertes à la levée	6
b. Hauteur des plantes et de l'insertion de la 1ère gousse.....	6
c. Précocité à maturation.....	7
3. Rendement et qualité	8
a. Composantes du rendement.....	8
b. Rendement et teneur en protéines	9
4. Conclusions	11

Figure 1 : Campagne climatique du soja 2021.	4
Figure 2 : Peuplement des différentes variétés de soja conduites en sec.	6
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.	6
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.	7
Figure 5 : Rendement (q/ha) moyen ($\pm$ écarts-types) à 14% d'humidité des différentes variétés de soja testées conduites avec et sans irrigation.	9
Figure 6 : Teneur en protéines des grains (en pourcentage de la matière sèche) moyenne des différentes variétés de soja testées avec et sans irrigation.....	10

Tableau 1 : Caractéristiques des variétés de soja testées. TPS = très peu sensible ; PS = peu sensible ; AS : assez sensible ; S = sensible. Sources : fiches fournisseur, myvar.fr.....	5
Tableau 2 : Itinéraire technique des essais mis en place.....	5
Tableau 3 : Composantes du rendement pour les différentes variétés évaluées avec et sans irrigation (moyenne $\pm$ écarts-types). PMG = Poids de Mille Grains.....	8

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 souligner 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 2021.

[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., ARNAUD 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.

1. MATERIELS ET METHODES

a. Contexte pédoclimatique

Les essais ont été mis en place chez un producteur à La Romieu (32500) dans le Gers, Occitanie, région présentant un climat océanique dégradé. La campagne climatique de 2021 a été marquée par des pluies fréquentes en été qui ont favorisé les adventices, sans que la pluviosité soit plus importante que la moyenne, au contraire : au total sur les mois de juin, juillet et août, il y a eu 120 mm de moins que la moyenne sur 20 ans (**Figure 1**). En revanche, juin et septembre ont été bien plus humide (respectivement +16 mm et +45 mm par rapport à la moyenne. L'été a été légèrement plus doux que la moyenne, contrairement au mois de septembre qui a été en moyenne plus chaud de 2 degrés.

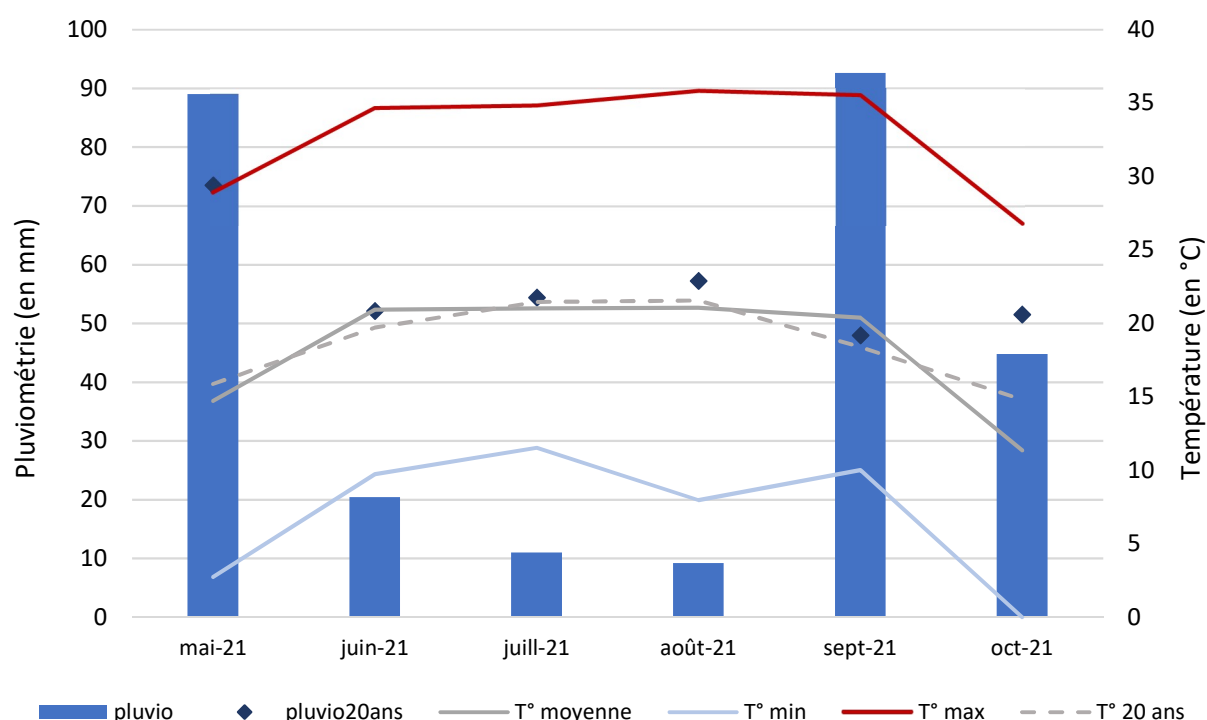


Figure 1 : Campagne climatique du soja 2021.

L'essai est implanté sur une parcelle de coteaux présentant des sols argileux non battants et moyennement profonds.

b. 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. 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 SINEMA	RAGT Semences	2017	I	Noir	PS	PS
RGT STOCATA	RAGT Semences	2019	I	Brun clair	PS	TPS
ANANDA	Saatbau France	2017	I	Marron clair	PS	AS

* variétés témoin de l'essai

c. Conduite de l'essai

Le soja est implanté à la suite d'un blé tendre d'hiver à une densité de 38 graines/m² pour l'essai irrigué et 45 graines/m² pour l'essai en sec.

L'itinéraire technique des essais est présenté dans le **Tableau 2** ci-dessous :

Tableau 2 : Itinéraire technique des essais mis en place

Date	Stade	Intervention	Matériel utilisé	Commentaire
25/07/2020	Interculture	Déchaumage	Déchaumeur à disques	
23/08/2020	Interculture	Déchaumage	Déchaumeur à disques	
26/09/2020	Interculture	Déchaumage	Déchaumeur à socs	
27/10/2020	Interculture	Décompaction	Chisel	
07/03/2021	Interculture	Préparation du sol	Vibroculteur	
16/04/2021	Interculture	Préparation du sol	Vibroculteur	
21/05/2021	Interculture	Désherbage	Herse étrille	Passage à l'aveugle
26/05/2021	Interculture	Préparation du sol	Vibroculteur	
31/05/2021	Semis	Semis	Semoir de précision	4 cm de profondeur
16/06/2021		Désherbage	Herse étrille	
09/07/2021		Binage	Bineuse	
20/10/2021	Maturité	Récolte	Moissonneuse	

Malgré la fréquence des pluies en juillet, l'été a été sec et quatre passages de canon ont été réalisés dans la partie irriguée, de 28 mm chacun : un le 26 juillet, 2 en août (le 12 et le 26) et un dernier le 5 septembre, soient 112 mm au total.

2. OBSERVATIONS EN VEGETATION

a. Peuplement et pertes à la levée

Sur l'essai conduit en sec, les pertes à la levée ont été en moyenne de 26% ce qui est un peu élevé. Il n'y a pas d'effet de la variété sur l'état du peuplement à la levée (**Figure 2**).

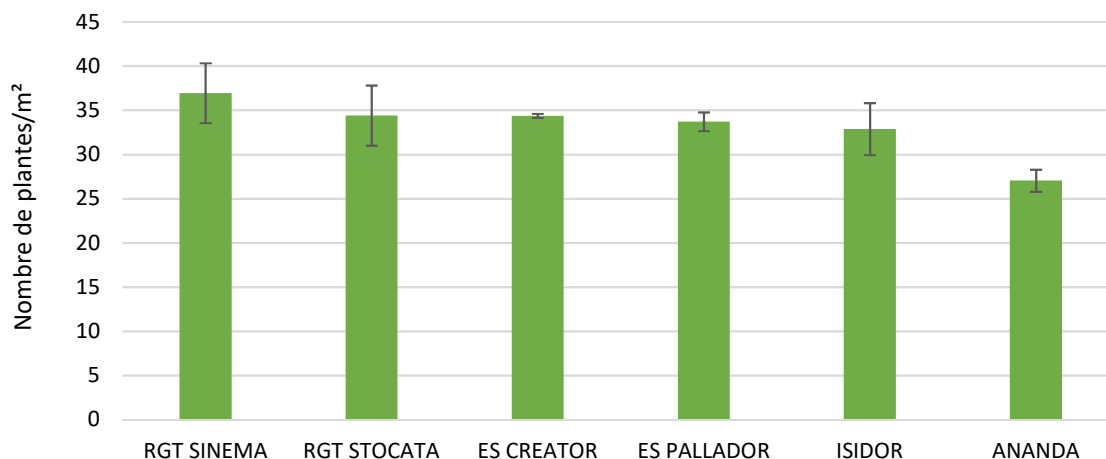


Figure 2 : Peuplement (moyenne ± écart-type) des différentes variétés de soja conduites en sec.

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

En moyenne, la hauteur de la première gousse était de 13 cm dans la partie non irriguée et de 16 cm dans la partie irriguée (**Figure 3**).

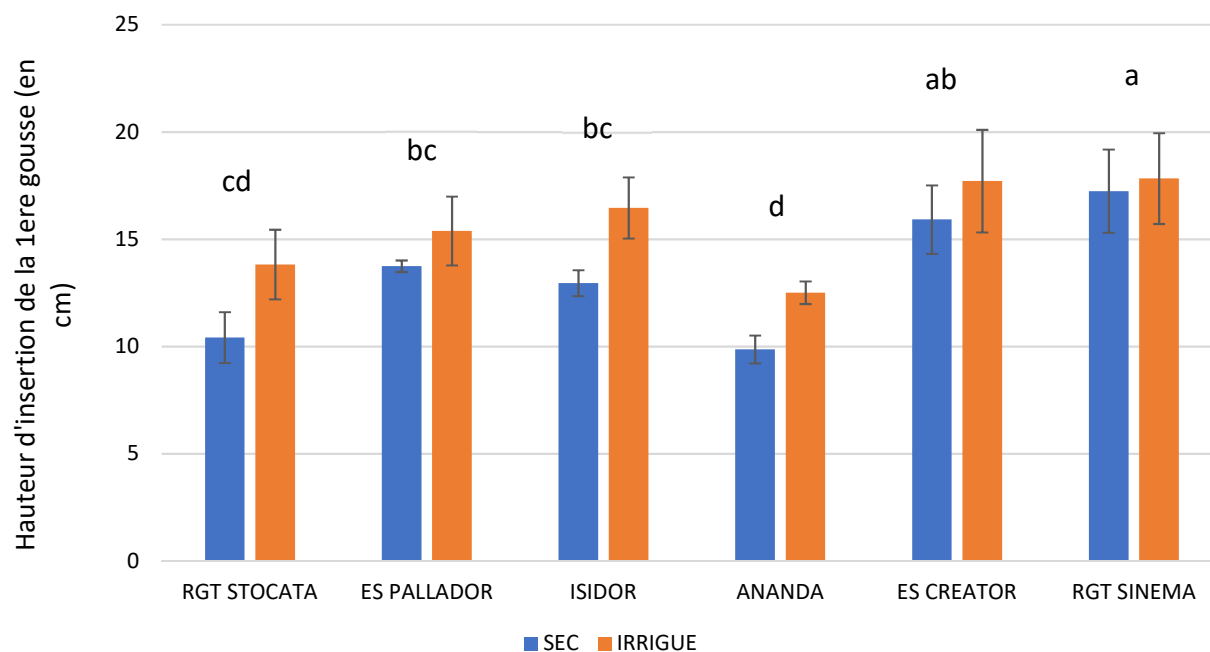


Figure 3 : Hauteur moyenne (± écarts-types) d'insertion de la première gousse (cm) pour les différentes variétés de soja testées en sec et en irrigué.

La variété et l'irrigation ont un effet significatif sur la hauteur d'insertion de la première gousse. Les sojas qui ont été irrigués ont une première gousse insérée plus haute, d'environ 3 cm en moyenne. La première gousse de RGT SINEMA est la plus haute à l'insertion (17 cm en sec et 18 cm avec irrigation), suivie de ES CREATOR et ISIDOR. La première gousse d'ANANDA est insérée plus basse (10 cm en sec et 13 cm avec irrigation). Le classement variétal n'est pas tout à fait le même lorsqu'on regarde la hauteur des plantes (**Figure 4**).

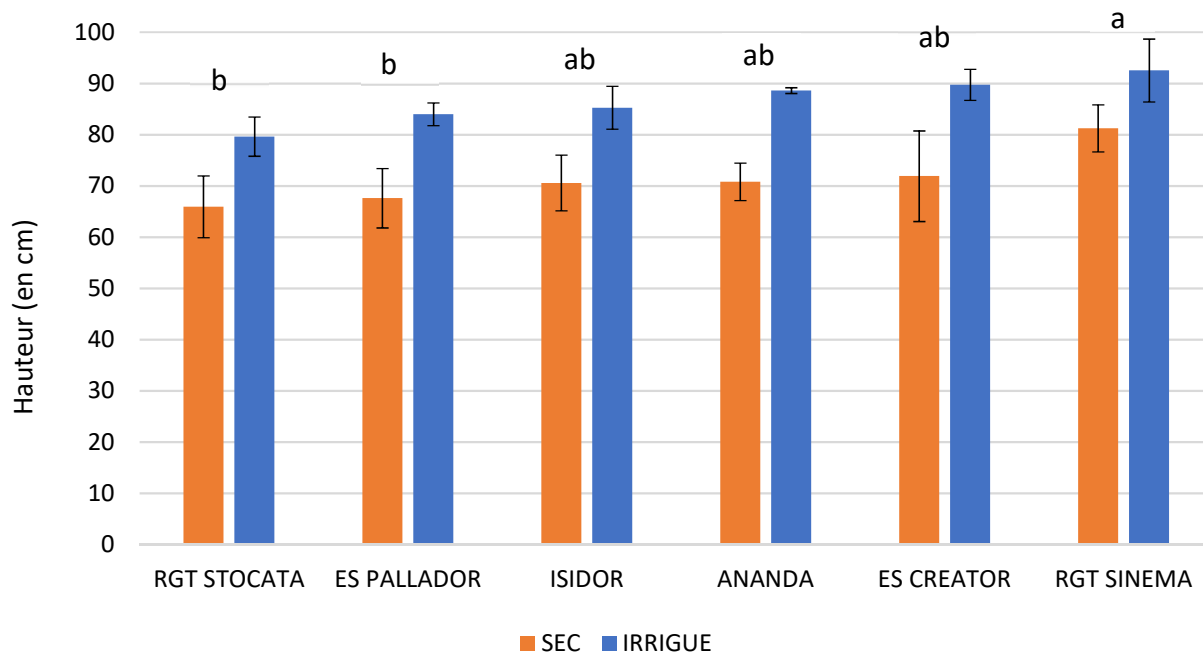


Figure 4 : Hauteur moyenne ($\pm$ écarts-types) des plantes (cm) à la fin floraison pour les différentes variétés de soja testées en sec et en irrigué.

En moyenne, les plantes mesuraient 71 cm dans la partie non irriguée et 87 cm dans la partie irriguée. L'irrigation a un effet significatif sur la hauteur des plantes (les plants irrigués sont en moyenne plus hauts de 16 cm), tout comme la variété : RGT STOCATA et ES PALLADOR (respectivement 66 et 68 cm en sec et 80 et 84 cm avec irrigation) étant significativement plus courtes que RGT SINEMA (81 cm en sec et 93 cm avec irrigation).

c. Précocité à maturation

La récolte manuelle a été réalisée à trois dates distinctes : le 28 septembre 2021 ont été récoltés les variétés ES PALLADOR, ISIDOR et ANANDA dans la partie sans irrigation. RGT SINEMA, ES CREATOR et RGT STOCATA ont été récoltées le 1^{er} octobre en même temps que ANANDA, ISIDOR et ES PALLADOR dans la partie avec irrigation. Le reste des modalités de la partie irriguée a été récolté le 13 octobre 2021.

3. RENDEMENT ET QUALITE

a. Composantes du rendement

Les sojas de la partie non irriguée présentent dans l'ensemble plus de ramifications (environ 1 de plus par plante) sans que le nombre de gousse par ramification ne soit significativement différent (**Tableau 3**). Dans la partie non irriguée, les sojas présentent également légèrement moins de graines par gousse (2,1 en moyenne contre 2,2 dans la partie irriguée). Les écarts entre les deux parties de l'essai sont donc assez faibles pour ces composantes du rendement. En revanche, le PMG est significativement plus élevé dans la partie irriguée, de 44,3g en moyenne soit une augmentation de 24 % par rapport à la partie en sec.

RGT STOCATA et ISIDOR ont des PMG significativement plus importants que les autres variétés et ES PALLADOR a un PMG significativement plus petit.

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
Sec	ANANDA	4,2 ($\pm$ 0,4)	16,4 ($\pm$ 0,8)	2,0 ($\pm$ 0,0)	183,7 ($\pm$ 10,6)
	ISIDOR	4,2 ($\pm$ 0,3)	9,8 ($\pm$ 0,6)	1,9 ($\pm$ 0,1)	212,4 ($\pm$ 12,3)
	ES CREATOR	3,2 ($\pm$ 0,3)	7,7 ($\pm$ 1,4)	2,1 ($\pm$ 0,0)	181,6 ($\pm$ 19,0)
	ES PALLADOR	4,6 ($\pm$ 0,1)	12,2 ($\pm$ 0,5)	2,3 ($\pm$ 0,1)	149,8 ($\pm$ 11,2)
	RGT SINEMA	2,9 ($\pm$ 0,5)	7,1 ($\pm$ 1,8)	2,0 ($\pm$ 0,1)	191,8 ($\pm$ 4,3)
	RGT STOCATA	3,3 ($\pm$ 0,3)	6,7 ($\pm$ 0,8)	2,0 ($\pm$ 0,0)	207,6 ($\pm$ 16,1)
Irrigué	ANANDA	3,8 ($\pm$ 0,1)	16,6 ($\pm$ 3,0)	2,2 ($\pm$ 0,1)	213,9 ($\pm$ 1,1)
	ISIDOR	3,6 ($\pm$ 0,5)	9,0 ($\pm$ 1,3)	2,1 ($\pm$ 0,0)	263,3 ($\pm$ 6,9)
	ES CREATOR	3,2 ($\pm$ 0,4)	8,1 ($\pm$ 2,1)	2,3 ($\pm$ 0,1)	233,5 ($\pm$ 8,5)
	ES PALLADOR	3,6 ($\pm$ 0,3)	10,5 ($\pm$ 2,9)	2,5 ($\pm$ 0,1)	183,8 ($\pm$ 5,6)
	RGT SINEMA	2,8 ($\pm$ 0,6)	7,5 ($\pm$ 1,8)	2,1 ($\pm$ 0,0)	228,6 ($\pm$ 4,9)
	RGT STOCATA	3,7 ($\pm$ 0,2)	10,6 ($\pm$ 2,6)	2,2 ($\pm$ 0,0)	269,6 ($\pm$ 17,2)

L'année passée, le stress hydrique avait provoqué une plus forte ramification des sojas, accompagnée d'une diminution de la production de gousses par ramification. Cette année, les sojas non irrigués présentaient une nouvelle fois plus de ramification et moins de graines par gousse mais les écarts sont faibles et le nombre de gousses par ramification n'était pas significativement différent. C'est surtout la différence de PMG qui explique les écarts de rendements de cette campagne. Ceci peut s'expliquer par le fait que le stress hydrique est apparu plus tardivement et que c'est donc surtout au stade du remplissage des grains que les sojas ont manqué d'eau.

b. Rendement et teneur en protéines

Cette année, la variété n'a pas d'effet significatif visible. 4 répétitions au lieu de 3 aurait pu permettre d'augmenter la précision de l'analyse statistique et d'identifier des différences significatives. En revanche, la conduite a un effet significatif sur le rendement : en moyenne, le rendement à 14% d'humidité est de 41,5 q/ha avec irrigation et de 27,4 q/ha sans irrigation (**Figure 5**). L'irrigation a donc permis d'augmenter les rendements de 14,1 q/ha soit une augmentation de 52%. Dans la partie irriguée, RGT SINEMA est la variété avec le plus fort rendement (avec 42,6 q/ha) et ES PALLADOR n'est qu'avant-dernier du classement (avec 40,7 q/ha). En revanche, dans la partie non irriguée, ES PALLADOR est en tête (28,8 q/ha) et RGT SINEMA est deuxième (28,6 q/ha). ES PALLADOR confirme donc cette année encore son intérêt pour la conduite en sec.

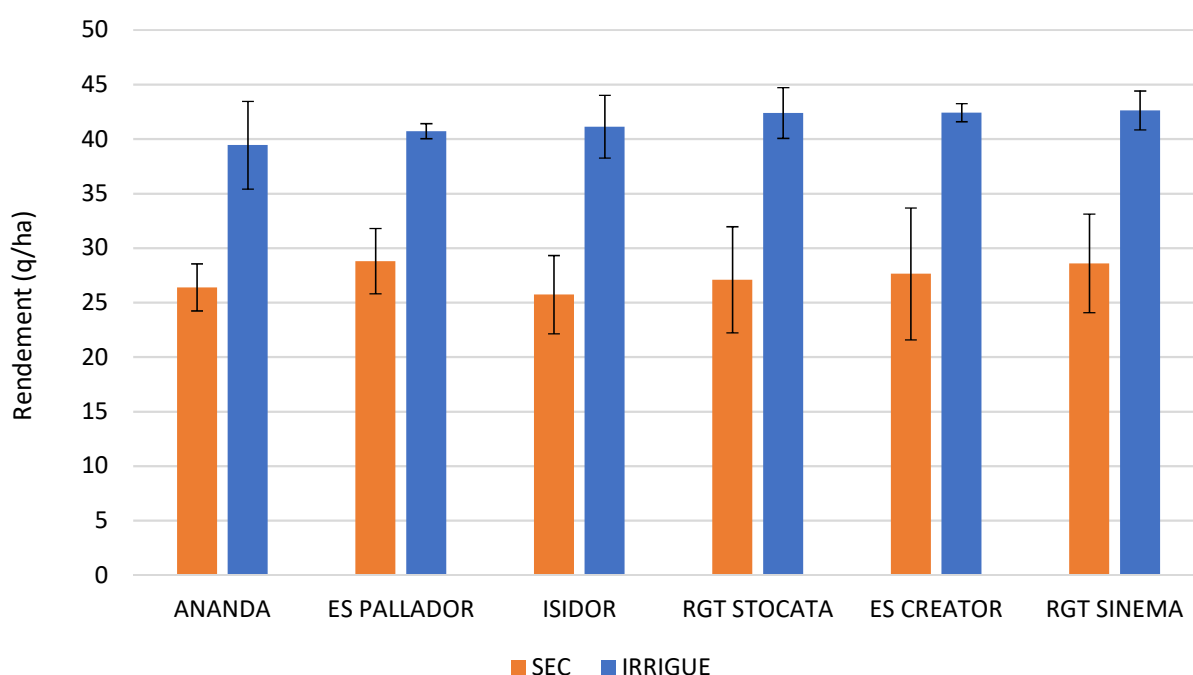


Figure 5 : Rendement (q/ha) moyen ($\pm$ écarts-types) à 14% d'humidité des différentes variétés de soja testées conduites avec et sans irrigation.

Une régression linéaire multiple permet de montrer un effet significatif de plusieurs traits fonctionnels sur le rendement obtenu. En effet, la hauteur de la plante, la hauteur d'insertion de la première gousse, le nombre de graines/gousse et la teneur en protéines ont un effet significatif sur le rendement (p-value respectives : $6,82 \times 10^{-8}$, 0,009, 0,05 et 0,0003).

Les rendements mesurés lors de la récolte manuelle rejoignent très fortement ceux mesurés lors de la récolte machine, l'écart étant de seulement 1 q/ha pour les deux essais. Aucun effet significatif de la variété n'est observé cette année.

Cette année, les teneurs en protéines sont dans l'ensemble faibles (**Figure 6**). La conduite et la variété ont un effet significatif sur ces teneurs en protéines : celles-ci sont plus élevées dans l'essai conduit avec irrigation (42,5 % en moyenne contre 40,9 % dans l'essai sans irrigation). Ce résultat ne correspond pas à ce qui a pu être obtenu précédemment et peut également s'expliquer par le décalage du stress hydrique dans le temps par rapport aux années passées. ES CREATOR est la variété affichant les meilleurs taux de protéines (42 % sans irrigation et 45 % avec irrigation) et c'est ANANDA qui a les taux les plus faibles (37 % sans irrigation et 39 % avec irrigation).

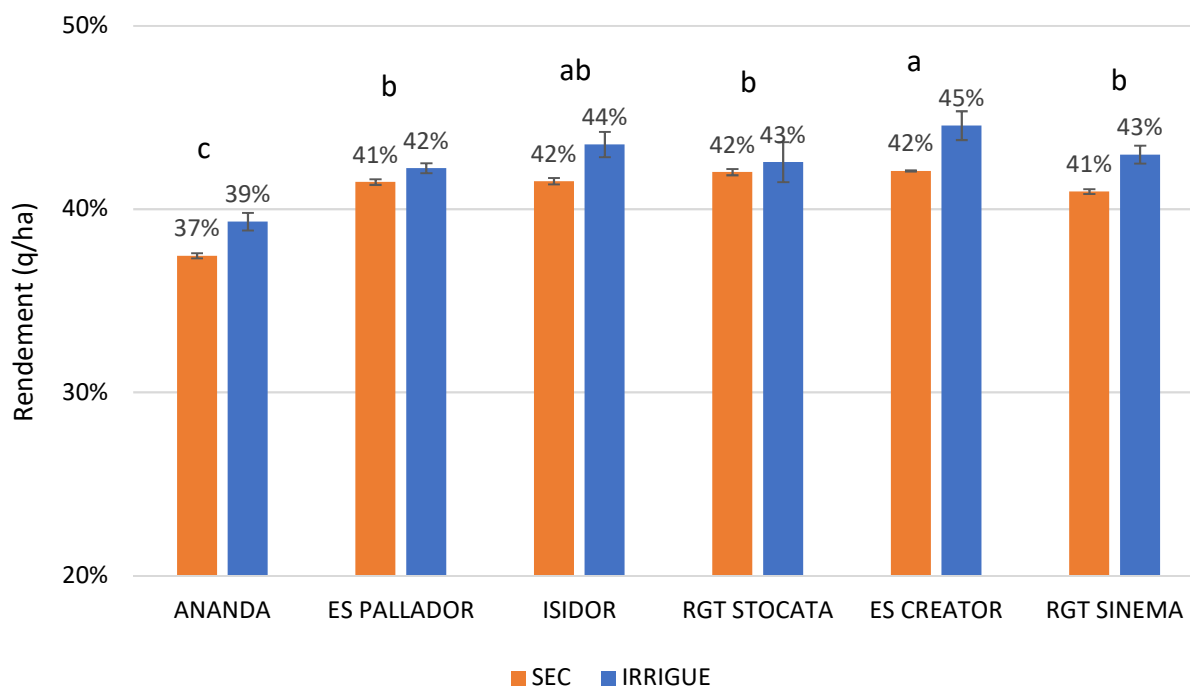


Figure 6 : Teneur en protéines des grains (en pourcentage de la matière sèche) moyenne des différentes variétés de soja testées avec et sans irrigation (échantillons moyens sur les 3 répétitions de l'essai envoyés pour analyse).

4. CONCLUSIONS

L'année climatique a été très différente de celle de l'an passé : des pluies fréquentes ont eu lieu à la fin du printemps et au début de l'été ce qui a favorisé la conduite du soja pluvial. Les plantes n'ont pas tant manqué d'eau à la floraison et la nouaison ce qui a permis une bonne ramification et une bonne production de gousse. En revanche, au moment du remplissage du grain, le développement n'a pu être réalisé dans de bonnes conditions, ce qui a entraîné la production de petits grains peu riches en protéines.

Les résultats obtenus pour l'année 2021 diffèrent donc de ceux obtenus en 2020. Les différentes variétés n'ont pas présenté de différences significatives sur le rendement, ce qui ne permet pas de conclure sur leur potentiel de production respectif. En revanche, le choix de la variété a eu un impact fort sur la teneur en protéines, ES CREATOR étant la variété affichant les meilleurs taux de protéines et ANANDA étant celle avec la teneur la plus faible.

La hauteur avait l'an passé un léger impact positif sur le rendement sans que cet effet soit significatif. Cette année, son impact sur le rendement est significatif, tout comme celui de la hauteur de l'insertion de la première gousse. Une dernière année d'étude permettra de conclure sur l'effet de ces traits fonctionnels.

Les variétés témoins

ISIDOR : Variété de référence pour un débouché en alimentation humaine, elle présente un rendement plutôt faible mais obtient toujours 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 dans la partie en sec 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

ANANDA : Variété testée pour la première fois dans cet essai, ANANDA est une variété qui semble peu adaptée à l'agriculture biologique, au vu des résultats de cette année. En effet, la variété présente les rendements les plus faibles de l'année autant dans la partie sans irrigation que dans la partie irriguée et affiche également des teneurs en protéines faibles. C'est une variété de taille moyenne avec une première gousse insérée très bas. Son PMG est moyen.

RGT SINEMA : Variété déjà connue, RGT SINEMA est une variété qui obtient généralement de bons rendements (le meilleur de cette année) et de bonnes teneurs en protéines. De hautes tiges, les années passées elle présentait une hauteur d'insertion de la première gousse faible mais cette année c'est la plus haute. Son PMG est dans la moyenne basse.

RGT SINFONIA : Variété non testée cette année car défavorisée par la conduite en sec, elle présentait l'an passé 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 étaient dans la moyenne de l'essai. De faible hauteur, sa première gousse était insérée assez bas.

RGT STOCATA : Cette variété fait partie de celles ayant atteint leur maturité le plus tardivement. Ses tiges et sa hauteur d'insertion de la première gousse ont été les plus hautes de l'année dernière mais sont les plus basses pour cette campagne. Testée pour la troisième année, RGT STOCATA obtient un meilleur rendement que les années passées (mais qui reste moyen) et une teneur en protéines correcte. Son PMG est encore une fois le deuxième meilleur PMG de l'essai, après ISIDOR.

WENDY PZO : Variété tardive testée pour la dernière année en 2020, WENDY PZO a confirmé un bon potentiel de rendement (le meilleur de 2019, le deuxième meilleur en 2020) 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 SINEMA	ES PALLADOR WENDY PZO