



3C 2A

DOUBLES CULTURES

**Opportunités, faisabilité et
multiperformances de cultiver
trois cultures en deux ans dans
le sud-ouest de la France**

Connaissances acquises dans le cadre
du projet CASDAR 3C2A

Mai 2023

Avec
la contribution
financière du compte
d'affectation spéciale
développement
agricole et rural
CASDAR



**MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE LA SOUVERAINETÉ
ALIMENTAIRE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



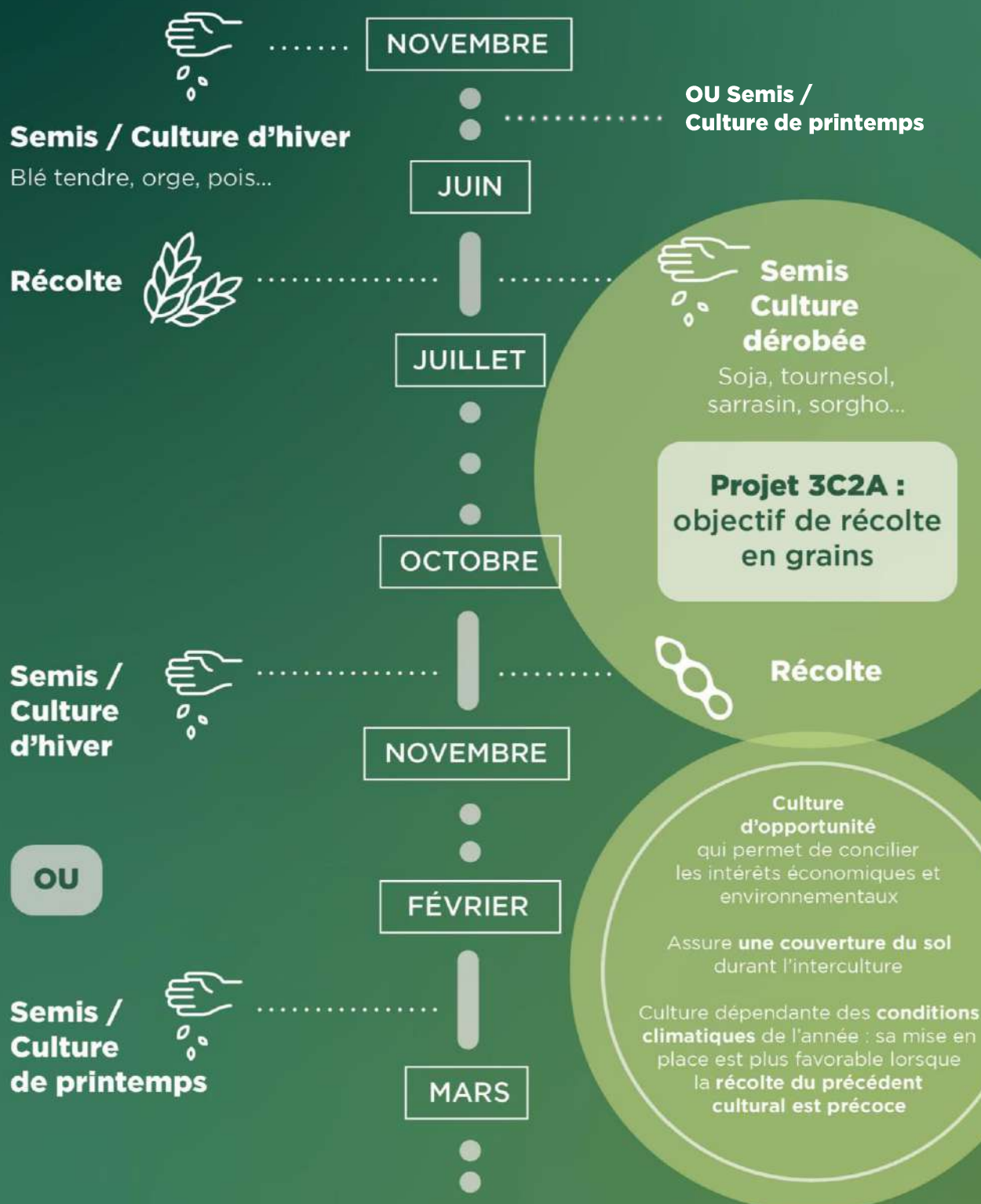
**CHAMBRE
D'AGRICULTURE
OCCITANIE**



**CHAMBRE
D'AGRICULTURE
NOUVELLE-AQUITAINE**

LA CULTURE « DÉROBÉE » OU DOUBLE CULTURE

en bref



Dans un contexte de changement climatique, produire 3 cultures en 2 ans représente une opportunité pour améliorer la rentabilité des systèmes de culture dans le sud-ouest de la France tout en apportant des bénéfices agronomiques et environnementaux.

DUREE DU PROJET : 2019 - 2023

LES OBJECTIFS DU PROJET 3C2A

- Expérimenter différentes possibilités de doubles cultures
- Acquérir des connaissances sur la phénologie des espèces et variétés candidates à la double culture et actualiser les connaissances déjà acquises au regard de l'évolution du contexte climatique, et des facteurs de production
- Modéliser le fonctionnement des doubles cultures et évaluer les performances agro-environnementales sous scénario de changement climatique
- Agréger les résultats des expérimentations et de la modélisation pour fournir une évaluation multicritère des cas étudiés

LES 4 ACTIONS MISES EN PLACE POUR REPENDRE AUX OBJECTIFS

ACTION 1/ Mise en place et suivi sur 4 campagnes culturales d'un réseau de parcelles chez des agriculteurs expérimentant la double culture

ACTION 2/ Expérimentations analytiques sur les espèces et variétés candidates à la double culture : mesures sur micro-parcelles en station

ACTION 3/ Modélisation et simulation de la phénologie, du rendement des doubles cultures, et de leur impact environnemental en climat actuel et futur

ACTION 4/ Evaluation multicritère des systèmes intégrant une séquence « double culture » se basant sur les résultats des Actions 1, 2 et 3

UN PROJET MULTIPARTENARIAL

Ce projet mobilise des acteurs du développement agricole, des acteurs économiques, de la recherche, de l'enseignement agricole et des agriculteurs.



SOMMAIRE

MÉTHODE ET CONTEXTE

01	VARIABILITÉ DU RENDEMENT ET FACTEURS CLIMATIQUES	
	Rendements observés.....	1
	Les facteurs climatiques dans la réussite de la double culture...3	
	Exemple du soja face à l'évolution du climat	8

ITINÉRAIRES TECHNIQUES PRATIQUÉS, RENDEMENTS OBTENUS

	Les grandes caractéristiques de la double culture.....	11
	Combinaisons de techniques culturales.....	13

02

03	INTÉRÊTS DE LA DOUBLE CULTURE	
	Perspectives économiques.....	16
	Impacts environnementaux.....	23
	Freins et leviers à l'implantation de la double culture.....	25

FOCUS SUR D'AUTRES CULTURES INTÉRESSANTES

	Encore des références à acquérir.....	26
--	---------------------------------------	----

	SYNTHÈSE GLOBALE.....	28
--	------------------------------	-----------

04



MÉTHODE ET CONTEXTE

4 ANNÉES D'EXPÉRIMENTATIONS

Des parcelles d'agriculteurs et des essais en stations expérimentales ont été suivis de 2019 à 2022.

Les parcelles étudiées se situent sur trois zones du sud-ouest : le nord-ouest de la Nouvelle-Aquitaine (16, 17, 79, 86, 87), le sud de la Nouvelle-Aquitaine (64) et l'ouest de l'Occitanie (11, 31, 32, 81).

EN OCCITANIE ET NOUVELLE-AQUITAINE

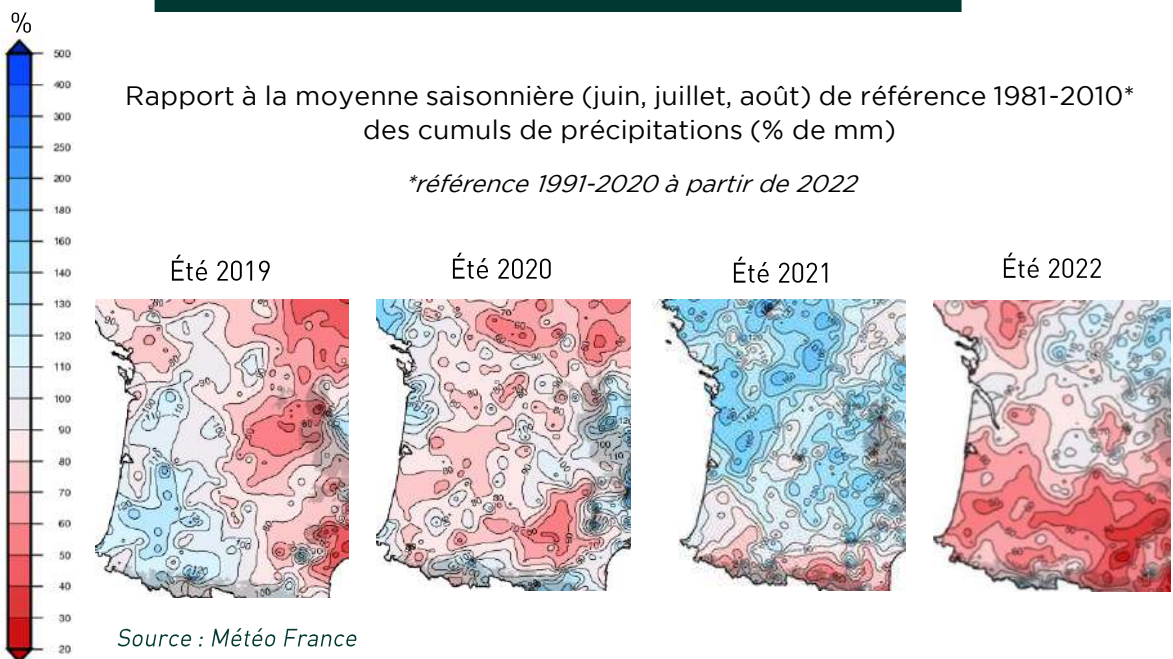
135 parcelles chez des agriculteurs



5 stations expérimentales sur 3 départements : Haute-Garonne, Vienne, et Pyrénées-Atlantiques



CONTEXTE CLIMATIQUE SUR LES ANNÉES DU PROJET



2019 Début juillet, en période de semis des cultures dérobées, les pics de chaleur et l'absence de précipitations ont rendu la levée des cultures dérobées difficile. À la floraison, entre mi-août et mi-septembre, les pics de chaleur ont continué avec peu de précipitations. La récolte a été délicate avec beaucoup de pluies et une humidité importante à partir de mi-octobre.

2020 L'été a été également chaud avec des pics de chaleur exceptionnels et un déficit de précipitations sur les mois de juillet et d'août.

2021 Les conditions d'humidité en début d'été ont rendu difficile le semis, et les récoltes des cultures principales ont parfois été retardées. Cependant cela a favorisé la levée des cultures dérobées une fois semées. Les mois d'août et de septembre ont été plutôt secs et peu chauds. À la récolte, les conditions étaient humides.

2022 L'été a été marqué par un déficit pluviométrique important et des températures supérieures aux normales, avec trois vagues de chaleur remarquables dès mi-juin. L'assèchement des sols a également été conséquent. L'été 2022 a été marqué par des conditions exceptionnelles par rapport aux normales de saison.

Entre 2019 et 2022, les étés ont été marqués par d'importants pics de chaleur et un déficit pluviométrique sauf en 2021 où l'été a été plus humide et moins chaud.

LES CULTURES

ANALYSES CIBLÉES SUR 3 CULTURES

 TOURNESOL

 SOJA

 SARRASIN

Cultures les plus testées dans le projet 3C2A

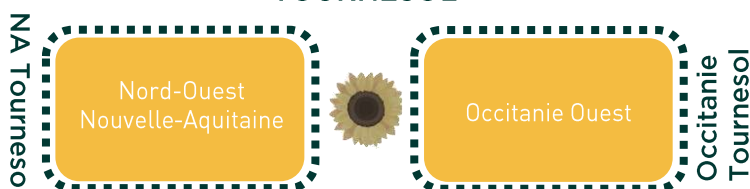
	Nombre de parcelles suivies chez des agriculteurs	Nombre de modalités en stations expérimentales ¹
Tournesol	26	20
Soja	25	61
Sarrasin	67 ²	20

¹ Une modalité correspond à une variété, une date de semis, une conduite culturale (un itinéraire technique) et un rendement

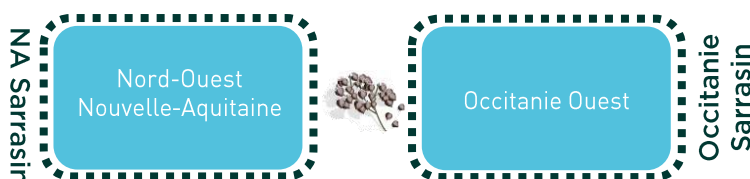
² 67 parcelles suivies dont 7 parcelles issues du projet 3C2A (période 2019-2022) et 60 parcelles issues d'études préliminaires au projet (Chambre Régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine 2016-2017)

LES SCÉNARIOS

TOURNESOL



SARRASIN



SOJA



Afin de comparer les résultats, des scénarios ont été créés. Les parcelles et essais sont regroupés par zone géographique, espèce et groupe de précocité pour le soja.

Ces scénarios pour le soja et le tournesol ont été utilisés pour la modélisation des cultures dérobées en climat futur réalisée par l'INRAE, parties 1.3 et 3.2 de ce document.

Pour toute référence aux scénarios dans le document veuillez vous référer au schéma ci-contre.

Pour certaines analyses, il a été nécessaire de séparer les résultats obtenus en stations expérimentales des résultats obtenus sur les parcelles des agriculteurs.

Les détails concernant les méthodes utilisées sont à retrouver en annexe.

VARIABILITÉ DU RENDEMENT ET FACTEURS CLIMATIQUES

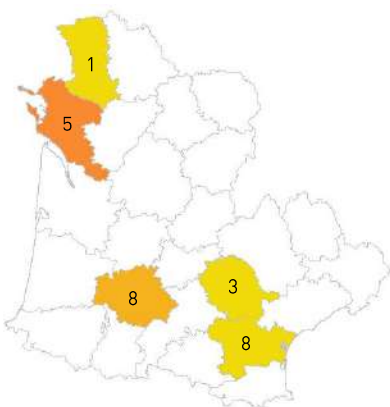
RENDEMENTS OBSERVÉS

Renderments moyens pluriannuels (q/ha) par départements

Nombres en noir : nombre de parcelles d'agriculteurs suivies par département

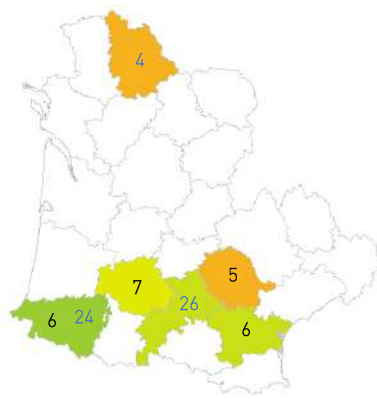
Nombres en bleu : nombre de modalités suivies en stations expérimentales par département

- 4-8 q/ha
- 8-12 q/ha
- 12-16 q/ha
- 16-20 q/ha
- 20-24 q/ha
- 24-28 q/ha
- 28-32 q/ha



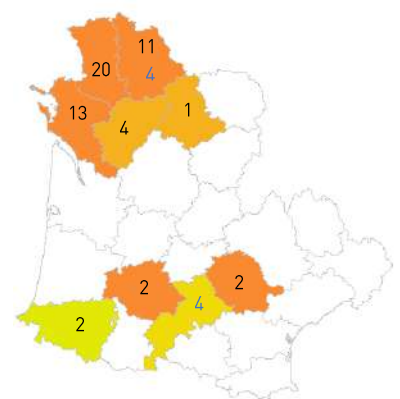
TOURNESOL

Source : CASDAR 3C2A – 2019 à 2022



SOJA

Source : CASDAR 3C2A – 2019 à 2022



SARRASIN

Source : CASDAR 3C2A – 2019 à 2021 et données antérieures 2016/2017 – Chambre Régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine

Le **rendement moyen pluriannuel du tournesol est compris entre 8 et 12 q/ha** pour la majorité des départements pour lesquels des suivis ont été réalisés.

L'Aude est le département où la meilleure moyenne de rendement des parcelles suivies a été obtenue : 15 q/ha pour des rendements entre 8 et 25 q/ha.

La **variabilité interannuelle** est de 2 q/ha maximum entre l'année avec les meilleurs rendements du tournesol (2021) et celle aux plus faibles (2022) pour une moyenne globale de 11,8 q/ha.

Le **rendement moyen pluriannuel du soja est compris entre 8 et 22 q/ha** pour tous les départements sauf pour les Pyrénées-Atlantiques.

Le contexte pédoclimatique s'est révélé propice à la double culture sur les années du projet avec une bonne pluviométrie estivale dans ce département. La moyenne des rendements des 7 parcelles d'agriculteurs suivies en 2019 et en 2022 est de 23 q/ha. Les essais en stations expérimentales menés dans les 64 ont obtenu les rendements les plus élevés parmi les suivis réalisés dans le projet. En effet, en plus du contexte pédoclimatique favorable, ces essais avaient des itinéraires techniques optimisés mis en œuvre sur des microparcelles homogènes.

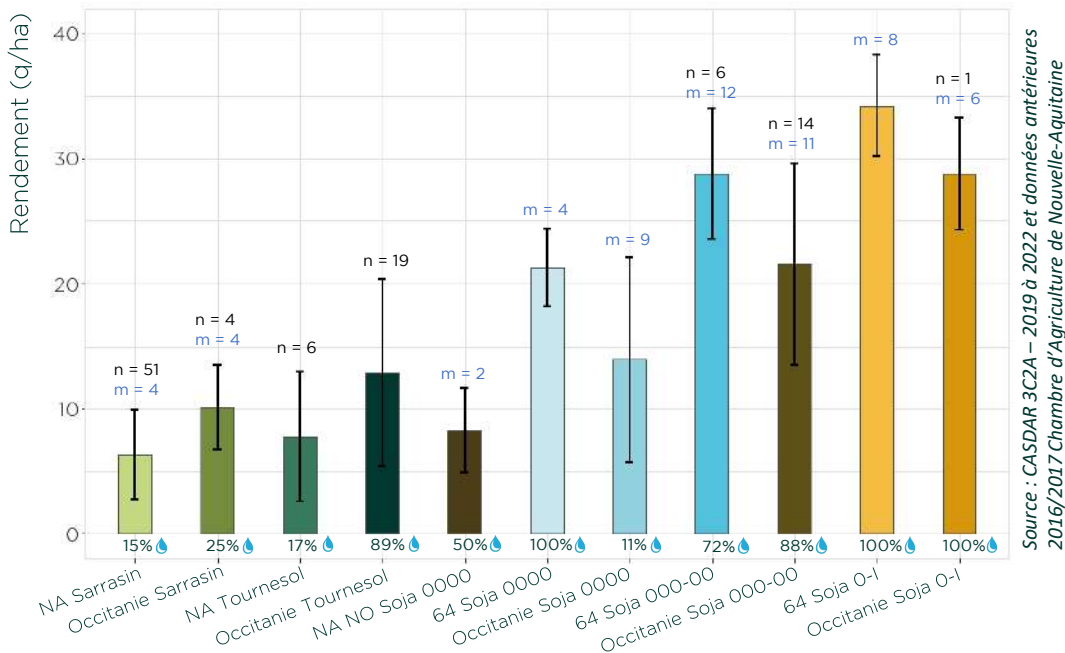
La **variabilité interannuelle** de la moyenne du rendement des parcelles d'agriculteurs est assez importante : 10 q/ha d'écart entre l'année la meilleure (2019) et la moins bonne (2021). La moyenne globale est de 19,3 q/ha.

Le **rendement moyen pluriannuel du sarrasin est compris entre 4 et 12 q/ha** pour tous les départements sauf pour les Pyrénées-Atlantiques où il atteint 17 q/ha.

Ces résultats intègrent des parcelles suivies en 2016 et 2017 dans le cadre d'études menées par la Chambre régionale d'agriculture de Nouvelle-Aquitaine. Les étés 2016 et 2017 ont été moins chauds que les suivants mais tout de même marqués par un déficit hydrique.

Rendements moyens (q/ha) par scénario

Se référer à la page méthode pour les scénarios



Source : CASDAR 3C2A – 2019 à 2022 et données antérieures 2016/2017 Chambre d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine

n : nombre de parcelles d'agriculteurs suivies par scénario
 m : nombre de modalités suivies en stations expérimentales par scénario
 XX % : pourcentage de parcelles - essais irrigués dans le scénario

Les moyennes pluriannuelles de rendements par scénario ci-dessus sont issues des suivis réalisés sur des parcelles d'agriculteurs et des résultats des essais en stations expérimentales.

Les rendements moyens ne sont pas significativement différents entre les scénarios Occitanie et Nouvelle-Aquitaine pour le sarrasin, le tournesol et le soja 0000. Cependant entre deux scénarios pour une même espèce, plus le pourcentage de parcelles et/ou essais irrigués est élevé, plus le rendement semble élevé.

Concernant les cultures dérobées de soja, plus la variété est tardive, plus les rendements obtenus sont élevés. Les essais menés dans le département des Pyrénées-Atlantiques se détachent des autres avec des rendements moyens supérieurs à 20 q/ha même pour des variétés 000. Mais l'humidité à la récolte peut être élevée, avec un risque plus important pour les variétés des groupe 0 et 1 générant des frais de séchage pour assurer la bonne conservation de la récolte.

Certains scénarios sont construits avec des données issues uniquement ou majoritairement d'essais en stations expérimentales : NA NO Soja 0000, 64 Soja 0000, 64 Soja 0-1 et Occitanie Soja 0-1. Pour les sojas les plus tardifs, la moyenne de rendement de ces scénarios est particulièrement élevée : elle avoisine les 30 q/ha. Les conditions d'essais en stations expérimentales sont des itinéraires techniques optimisés mis en œuvre sur des microparcelles homogènes. Les charges sont élevées pour ces conduites de culture. La prise de risque est faible en station expérimentale là où elle pourrait être forte pour un agriculteur en cas d'échec de la culture.

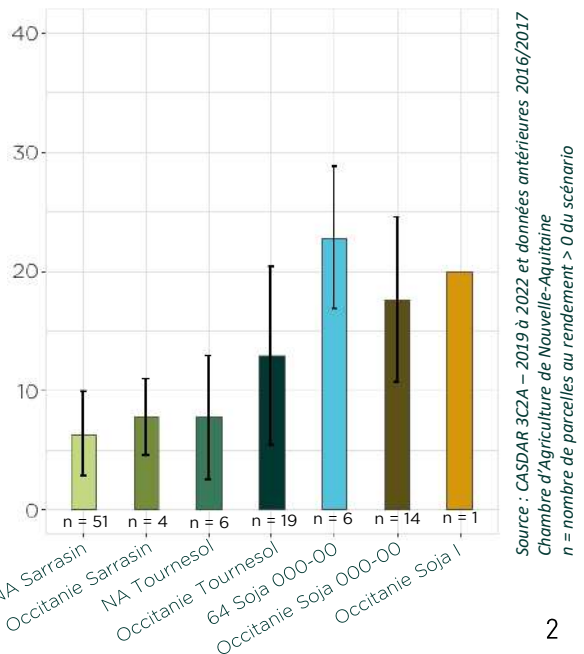


Zoom sur des parcelles d'agriculteurs

Les résultats ci-contre sont issus des suivis des parcelles d'agriculteurs uniquement.

Les variétés semées par les agriculteurs en soja sont en grande majorité des 000 et 00.

La variabilité des rendements est importante entre parcelles, quelle que soit la culture.



Source : CASDAR 3C2A – 2019 à 2022 et données antérieures 2016/2017 Chambre d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine
 n = nombre de parcelles au rendement > 0 du scénario

Les moyennes avec écarts-types par scénario intègrent les résultats des 4 années du projet 3C2A (2019 -2022) et des données antérieures pour le sarrasin issues d'études préliminaires au projet (2016 -2017).

1

VARIABILITÉ DU RENDEMENT ET FACTEURS CLIMATIQUES LES FACTEURS CLIMATIQUES DANS LA RÉUSSITE DE LA DOUBLE CULTURE

Afin d'étudier l'influence des facteurs climatiques dans la réussite de la double culture, des indicateurs ont été calculés en vue de construire des « arbres de réussite ». La méthode d'obtention de ces résultats est détaillée en annexe.

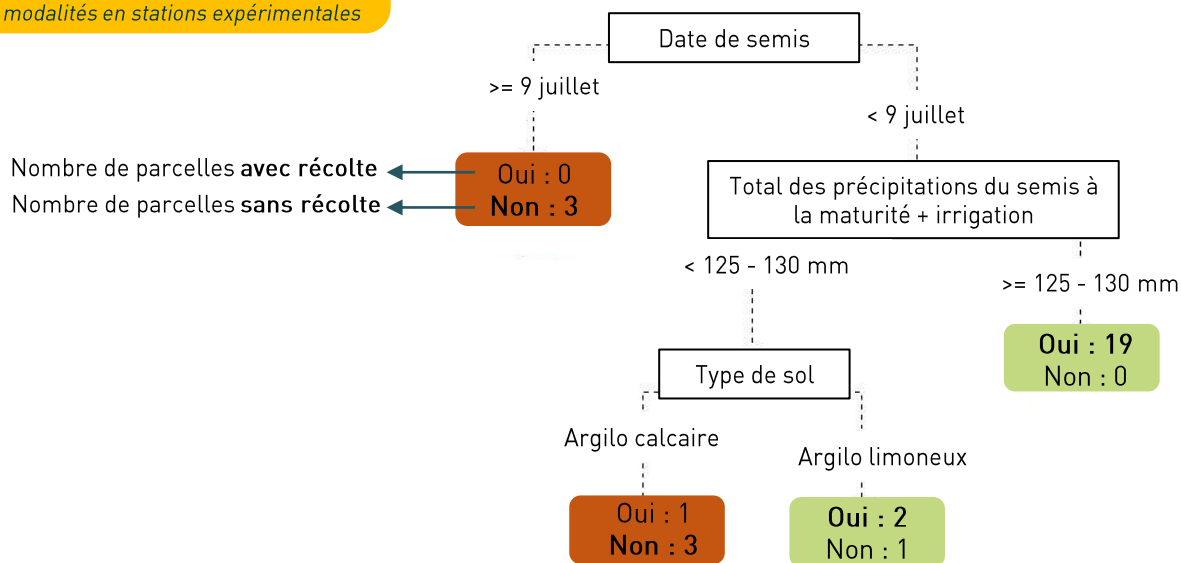
La **réussite de la culture** a été caractérisée de deux manières : le fait **d'obtenir une récolte**, donc que la parcelle soit récoltée, et le fait **d'obtenir un rendement que l'on considère comme correct** (variable selon l'espèce cultivée).

Pour chaque culture, les conditions pour sécuriser la récolte (obtenir une récolte) et celles qui permettent de maximiser le rendement ont été déterminées. Deux arbres ont été construits par culture à partir des mêmes données. Les critères en haut des arbres sont les plus discriminants.

Les représentations suivantes ont été réalisées avec les données du projet 3C2A et des données antérieures au projet pour le sarrasin issues d'études similaires menées par la Chambre Régionale d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine. Ces arbres de réussite pourront être affinés ultérieurement avec l'acquisition de nouveaux suivis.

TOURNESOL

Arbres construits avec les données de :
2019 à 2022 – 25 parcelles d'agriculteurs
et 4 modalités en stations expérimentales



Conditions pour sécuriser la récolte

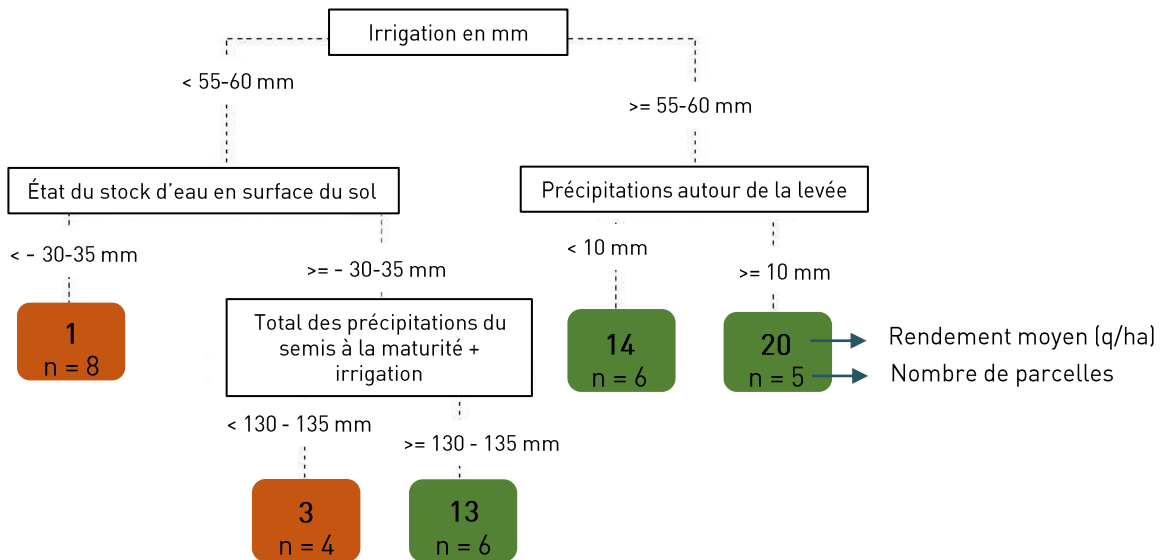
- Semis précoce avant mi-juillet
- Total des pluies + irrigation > 125 - 130 mm
- Dans de nombreux cas, **nécessité d'irriguer à plus de 60 mm** : 1 à 2 passages au semis + 1 à 2 passages aux stades bouton/floraison

L'arbre ci-dessus intègre les critères les plus discriminants pour sécuriser la récolte : la date de semis et le total d'eau apportée du semis à la maturité par les précipitations et l'irrigation si la culture est irriguée.

Suite à d'autres analyses, il a été estimé que pour une majorité des cas, l'irrigation est nécessaire à cause du manque de précipitations, notamment à deux stades : à la levée et à la floraison. Une date de semis précoce reste à privilégier pour les cultures dérobées.

L'arbre ci-dessous utilise une méthode de tri par moyenne de rendement. Les moyennes représentées en rouge sont les plus basses et celles en vert les plus hautes.

Les paramètres liés à l'eau : irrigation et précipitations autour de la levée sont décisifs pour l'obtention de rendements plus élevés. Au contraire, une culture non irriguée avec un assèchement conséquent du sol avant semis est défavorable. L'assèchement du sol avant semis est représenté par le critère d'état du stock d'eau en surface du sol. Cet indicateur est calculé par la somme, 21 jours avant semis de la dérobée, des différences entre les précipitations et l'évapotranspiration potentielle (calcul détaillé en annexe). Un résultat négatif pour cet indicateur signifie qu'il y a un déficit climatique hydrique donc un risque d'assèchement du sol.



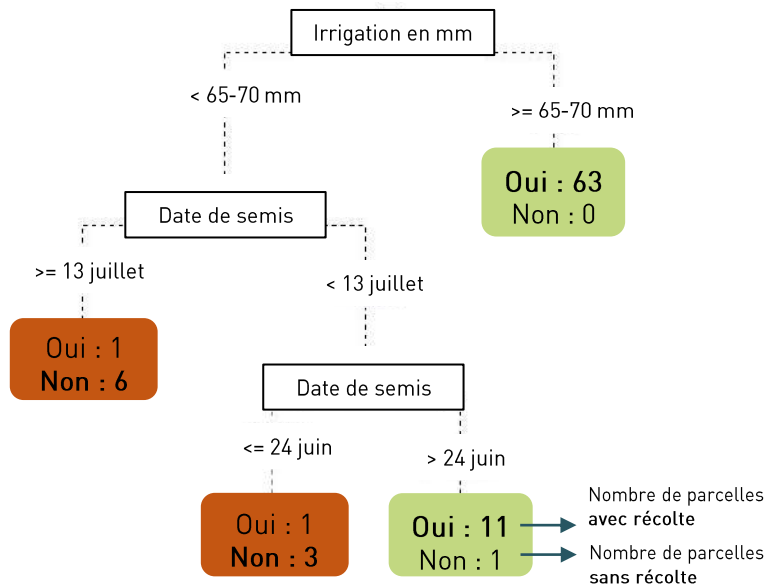
Conditions favorables pour maximiser le rendement

- Irrigation > 55-60 mm associée à des précipitations autour de la levée >= 10 mm
- Ou irrigation < 55-60 mm avec un total de l'eau sur le cycle > 130-135 mm, et un sol peu asséché avant semis

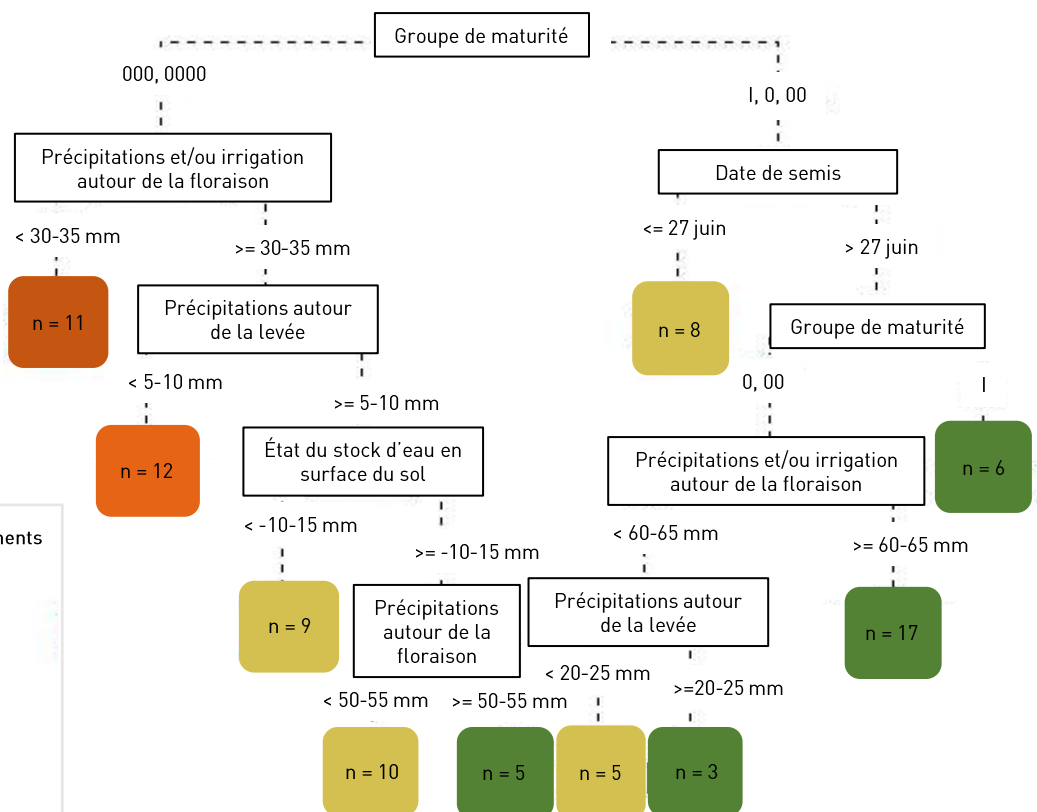


Conditions pour sécuriser la récolte

- Irrigation > 65-70 mm
- Si pas d'irrigation ou irrigation < 65-70 mm : date de semis entre le 24 juin et le 13 juillet



L'irrigation est le facteur clé de réussite de la culture du soja en dérobé. La date de semis apparaît comme second critère pour les cultures les moins irriguées. En effet, une grande majorité des cultures dérobées suivies dans le projet 3C2A ont été semées fin juin - début juillet ce qui ne permet pas de faire une distinction efficace sur la réussite ou l'échec liés à la date de semis. De plus, la majorité des parcelles testées ont été récoltées, il y a donc peu d'exemples d'échecs pour déterminer précisément les critères de non récolte. Mais, au vu des résultats, des semis après le 15 juillet semblent compromettre fortement la réussite de la dérobée.



Légende – Classe de rendements

- 0 – 10 q/ha
 - 11 – 15 q/ha
 - 16 – 20 q/ha
 - 21 – 25 q/ha
 - Supérieur à 25 q/ha
- n = nombre de parcelles

L'arbre ci-dessus a été construit avec une majorité de données issues des essais en stations expérimentales. Les rendements obtenus en microparcelles d'essais peuvent être supérieurs à ceux obtenus sur les parcelles d'agriculteurs. Les rendements sont donc présentés en classes.

Conditions favorables pour maximiser le rendement

- Variétés **plus tardives plus productives**
- Précipitations + irrigation autour de la floraison > **60-65 mm**
- Eau indispensable **autour de la levée**
- Date de semis **entre mi-juin et début juillet**

Critères variétaux

Au sein des données étudiées pour la construction de l'arbre ci-contre, le **groupe de maturité** des variétés apparaît comme critère essentiel : les variétés les plus tardives donnent les meilleurs rendements. Cependant, pour pouvoir semer une variété plus tardive il faut avoir la possibilité de semer tôt. Cela peut être également risqué car le choix d'une variété tardive occasionne une date de récolte décalée donc une fin de cycle tardive. Les conditions de récolte peuvent être difficiles et l'humidité du grain peut être importante ce qui engendre des frais de séchage.

Les variétés les plus tardives ont globalement été testées en stations expérimentales. Sur la partie droite de l'arbre correspondant aux groupes de maturité I, 0 et 00, seules 9 parcelles sur 39 modalités correspondent à des parcelles d'agriculteurs. Les meilleurs rendements ont été majoritairement obtenus dans le département des Pyrénées-Atlantiques, propice à la double culture sur les années du projet.

Critère date de semis

Le second critère de l'arbre "date de semis supérieure au 27 juin" est lié à la configuration des données : les semis réalisés après le 27 juin ont été majoritairement réalisés en station expérimentale avec l'obtention de rendements relativement élevés. En effet, les conduites de culture sont contrôlées afin de maximiser le rendement et certaines parcelles d'essais sont situées dans les Pyrénées-Atlantiques. Les données ne permettent donc pas de définir précisément ce critère. En effet, parmi les cultures dérobées semées par les agriculteurs avec des variétés 00, la moitié d'entre elles ont été semées avant le 27 juin. Comme pour le tournesol, nous pouvons cependant définir qu'une date de semis favorable se situe entre mi-juin et début juillet.

Critère eau disponible

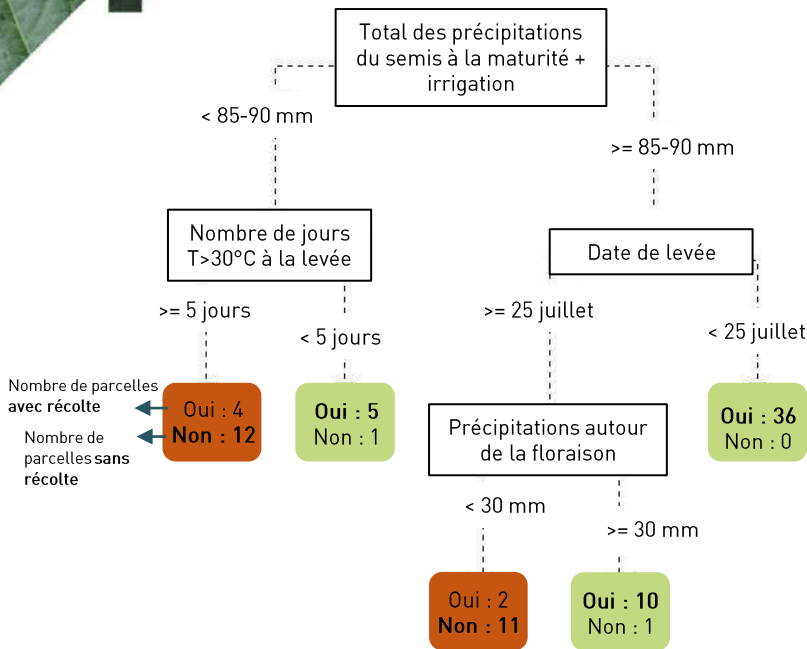
L'eau disponible autour de la floraison, qu'elle provienne des précipitations ou de l'irrigation, est un critère important pour obtenir des rendements plus élevés. Les parcelles qui ont reçu une quantité d'eau supérieure à 60-65 mm à la floraison ont été irriguées avec 1 à 3 tours d'eau, en plus des précipitations.

Comme pour le tournesol, un sol peu asséché avant semis induit de meilleurs rendements avec une meilleure réussite de la levée. Et les précipitations autour de la levée sont favorables pour la sécurisation du début de culture.



SARRASIN

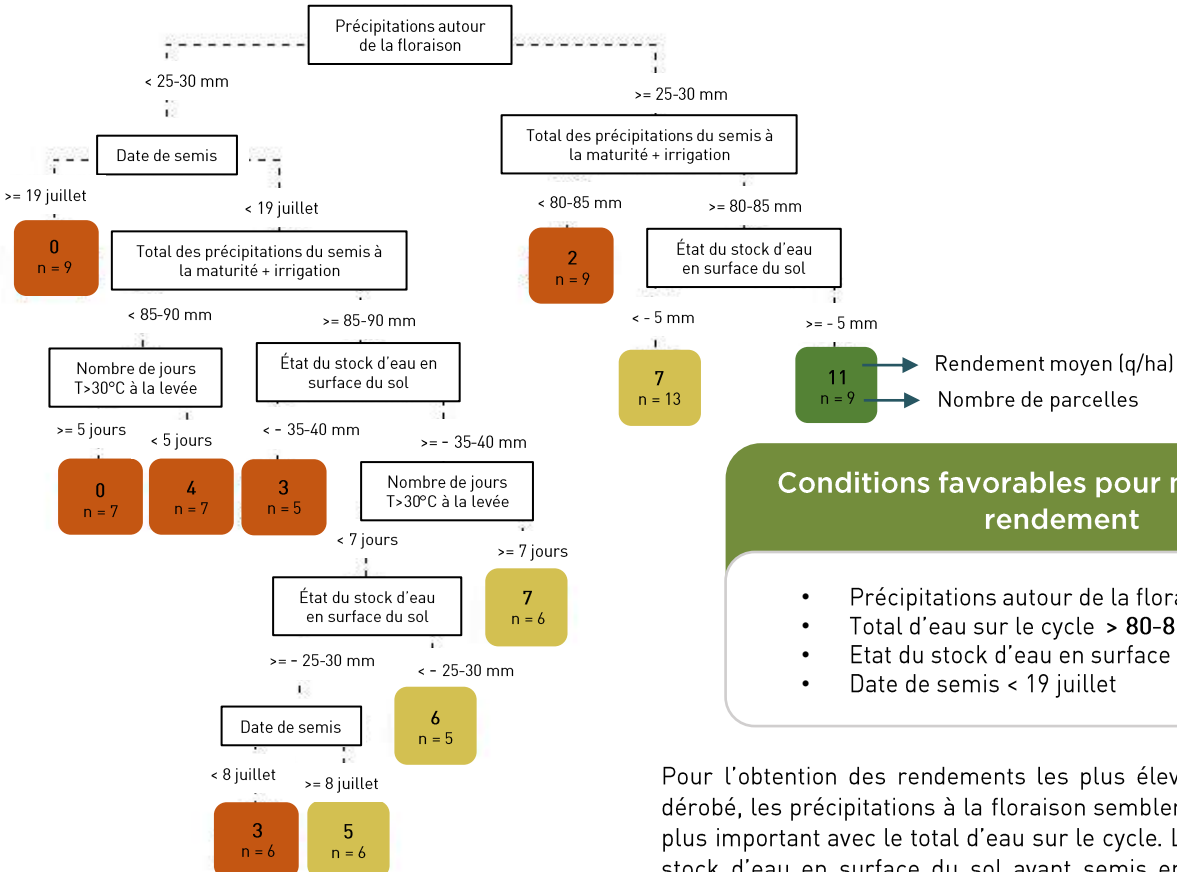
2016 à 2021- 62 parcelles d'agriculteurs
20 modalités en stations expérimentales



Conditions pour sécuriser la récolte

- Total d'eau sur le cycle > 85-90 mm
- Date de levée, donc date de semis < 25 juillet ou date de levée > 25 juillet mais précipitations autour de la floraison >= 30 mm

La grande majorité des parcelles testées ne sont pas irriguées. Le total d'eau sur le cycle de la culture est le critère le plus important pour la réussite du sarrasin en dérobé. La date de levée du 25 juillet est ressortie comme une limite pour espérer une récolte de la dérobée. Cette date de levée signifie une date de semis maximale autour du 10-15 juillet. Au delà, la réussite est fortement conditionnée à une disponibilité en eau importante à floraison (>= 30 mm) et une fin de cycle favorable pour la récolte (fin octobre).



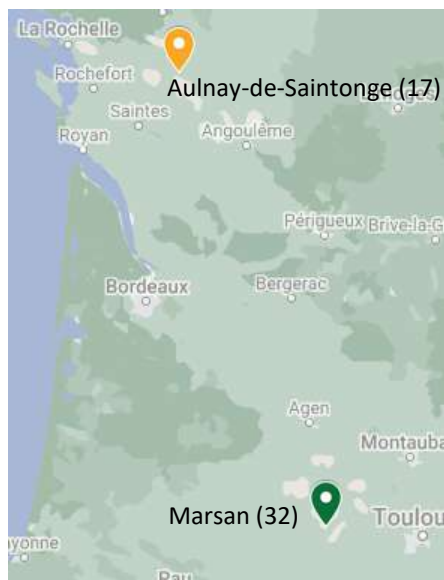
Conditions favorables pour maximiser le rendement

- Précipitations autour de la floraison > 25-30 mm
- Total d'eau sur le cycle > 80-85 mm
- État du stock d'eau en surface du sol > -5 mm
- Date de semis < 19 juillet

Pour l'obtention des rendements les plus élevés du sarrasin en dérobé, les précipitations à la floraison semblent être le critère le plus important avec le total d'eau sur le cycle. Le critère d'état du stock d'eau en surface du sol avant semis entre également en compte avec un meilleur rendement pour les parcelles les moins asséchées avant semis.

VARIABILITÉ DU RENDEMENT ET FACTEURS CLIMATIQUES

EXEMPLE DU SOJA FACE A L'ÉVOLUTION DU CLIMAT



L'utilisation du modèle de simulation STICS développé par l'INRAE (Brisson et al., 2003) associé au scénario RCP 8.5 du GIEC a permis de modéliser le fonctionnement des doubles cultures sur trois périodes : actuelle, futur proche et futur lointain, soit une analyse entre 2020 et 2060. Le scénario RCP 8.5 correspond au profil représentatif d'évolution des concentrations de gaz à effet de serre le plus pessimiste. Les climatologues ont ensuite décrit les conditions climatiques associées à ce scénario.

Deux sites seront comparés dans cette partie : Aulnay-de-Saintonge en Charente-Maritime (17) et Marsan dans le Gers (32). Ces sites ont respectivement des réserves utiles de 213 mm et 121 mm. Les pluviométries annuelles moyennes estimées sur la période (2020-2060) sont de 854 mm/an à Aulnay-de-Saintonge et de 752 mm/an à Marsan.

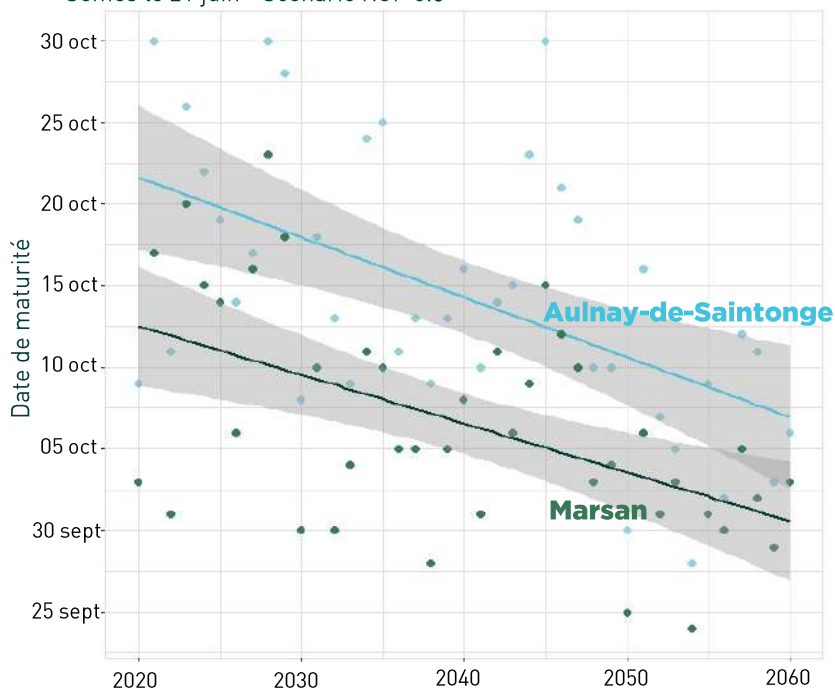
Le précédent des cultures modélisées est du blé d'hiver, et la culture dérobée est semée le 21 juin.

Une atteinte de la maturité physiologique de plus en plus rapide...

La date de maturité d'un soja 0 irrigué semé le 21 juin à Aulnay-de-Saintonge (17) diminuerait de 15 jours en moyenne entre 2020 et 2060 selon la modélisation STICS en scénario RCP 8.5. A Marsan (32), elle diminuerait de 12 jours.

Les sojas semés en dérobé complèteraient leur cycle plus rapidement, ce qui permettrait l'étendue de cette culture à des zones pour lesquelles jusqu'à maintenant la somme de température ne permet pas la réalisation complète du cycle du soja. Et donc une remontée des possibilités de culture vers le nord.

Date de maturité de sojas 0 irrigués à Aulnay-de-Saintonge (17) et Marsan (32)
Semés le 21 juin - Scénario RCP 8.5



Mais un apport d'eau via l'irrigation indispensable

Le modèle a également permis de tester le besoin en eau d'irrigation du soja sur la période 2020-2060. Plusieurs modalités ont été testées (Précédent blé d'hiver, date de semis : 21 juin) :

- Soja 000
- Soja 00
- Soja 0
- Soja I

- Cas 1 : Irrigation à 65% des besoins en eau de la plante
- Cas 2 : Irrigation à la floraison



1

Simulations de la dose d'irrigation apportée pour limiter le stress hydrique de la plante, soit sur tout le cycle (cas 1), soit à floraison (cas 2) sur des cultures dérobées de soja de différents groupes de maturité

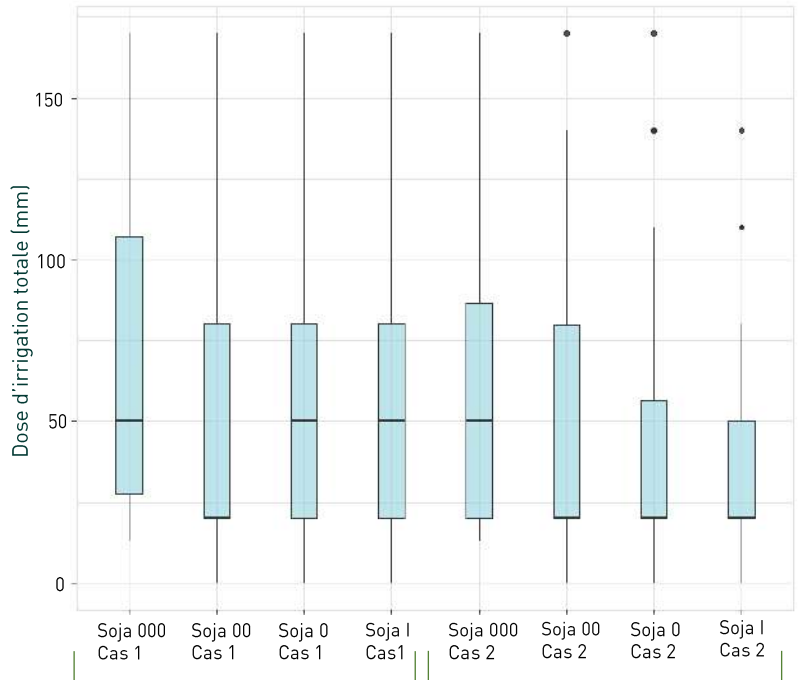
Les deux cas correspondent aux irrigations nécessaires pour éviter un stress hydrique à la culture : à 65% de ces besoins sur tout le cycle pour le cas 1 et uniquement à la floraison pour le cas 2.

Pour le site de Aulnay-de-Saintonge, les médianes des sojas du cas 1 : irrigation à 65% des besoins de la plante, se situent autour de 50 mm, avec des valeurs pouvant aller jusqu'à 170 mm.

Pour le cas 2 : irrigation uniquement à la floraison, les besoins sont légèrement plus faibles ou similaires selon les groupes de maturité du soja.

La floraison est un stade clé où les besoins en eau sont importants.

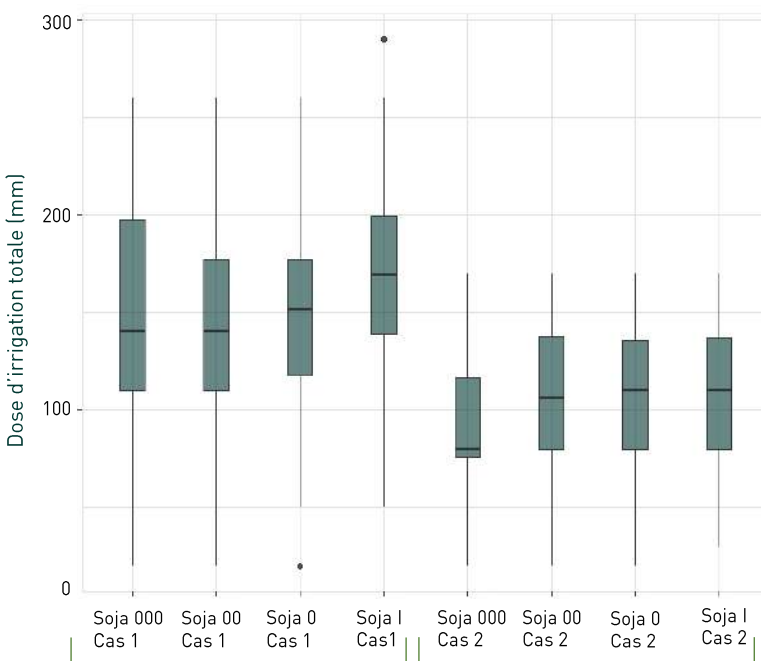
Dose d'irrigation apportée sur des cultures dérobées de soja entre 2020 et 2060 à Aulnay-de-Saintonge (17)



Irrigation à 65% des besoins en eau de la plante

Irrigation à la floraison

Dose d'irrigation apportée sur des cultures dérobées de soja entre 2020 et 2060 à Marsan (32)



Irrigation à 65% des besoins en eau de la plante

Irrigation à la floraison

Pour le site de Marsan, les médianes des sojas du cas 1 : irrigation à 65% des besoins de la plante, se situent autour de 150 mm, avec des valeurs pouvant aller jusqu'à 290 mm.

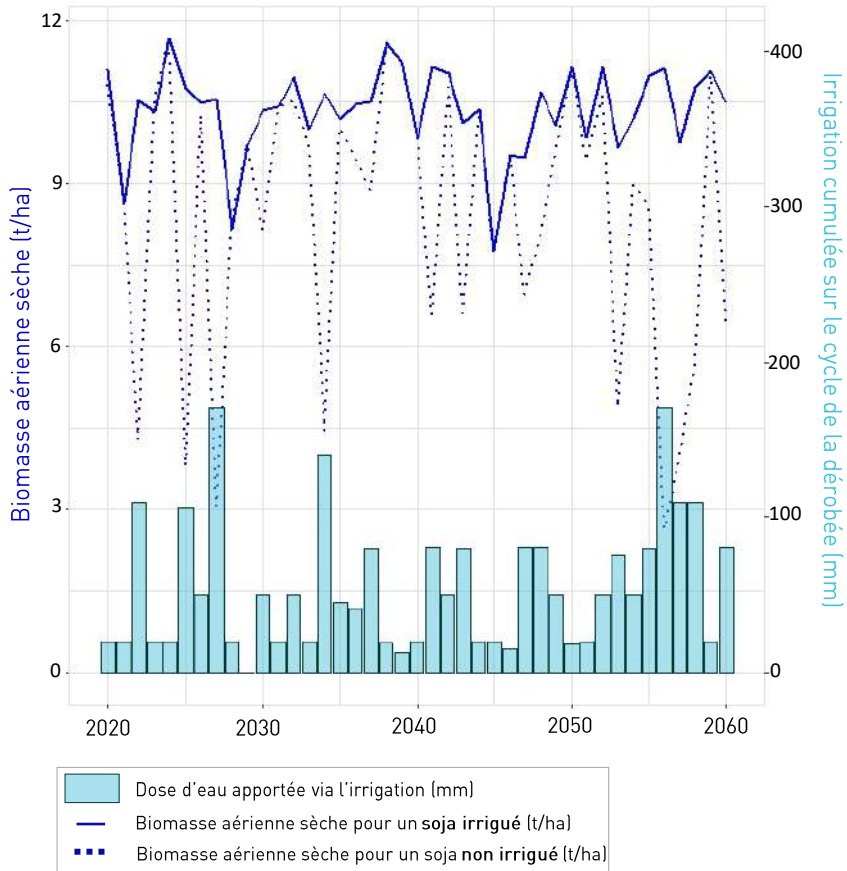
Pour le cas 2 : irrigation uniquement à la floraison les médianes se situent autour de 100 mm, avec des valeurs maximum jusqu'à 170 mm.

Par rapport au site de Aulnay-de-Saintonge, pour couvrir 65% des besoins en eau de la plante, il est nécessaire d'irriguer à d'autres stades que la floraison, notamment à la levée.

A Marsan la réserve utile du sol et les précipitations sont plus faibles qu'à Aulnay-de-Saintonge.

Biomasse sèche annuelle à maturité pour un soja 0 en sec et en irrigué avec la dose d'irrigation apportée

Site de Aulnay-de-Saintonge - Scénario RCP 8.5



Les 2 graphiques ci-contre et ci-dessous représentent, pour deux sites contrastés du sud-ouest, la biomasse aérienne sèche d'un soja 0, en sec et en irrigué. Les histogrammes représentent la dose d'irrigation simulée par le modèle pour couvrir 65% des besoins du soja irrigué, de son semis le 21 juin, à sa récolte.

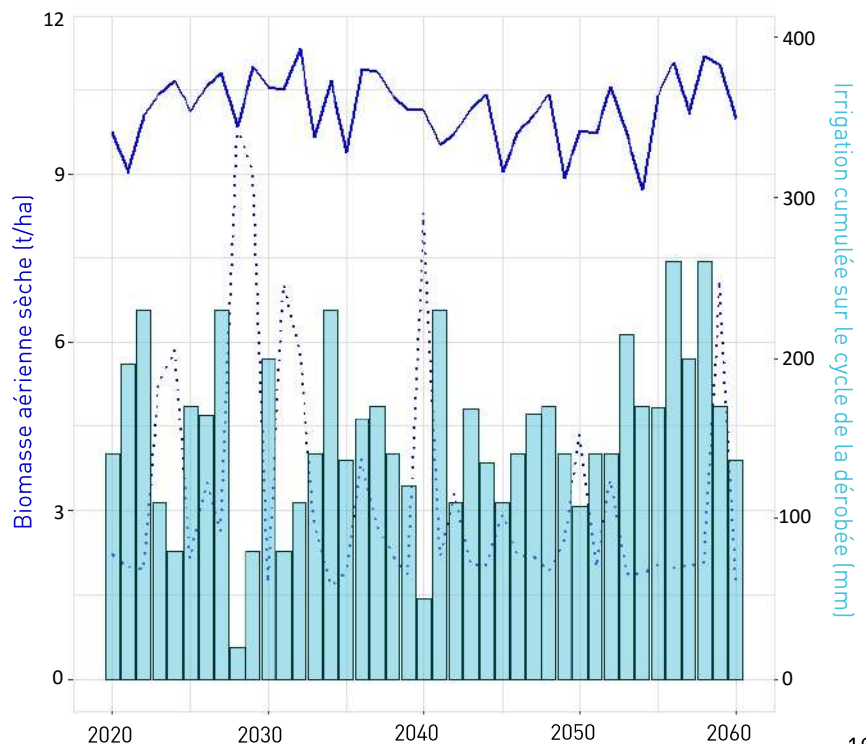
Pour le site de Aulnay-de-Saintonge, la biomasse de la dérobée produite en sec est très variable, de 2,6 à 11,7 t/ha, à cause de la variabilité des pluies. En irrigué, cette variabilité est fortement réduite avec des biomasses allant de 7,8 à 11,7 t/ha.

L'irrigation permet donc de sécuriser la production de la dérobée, en réduisant fortement la variabilité interannuelle et en augmentant la biomasse moyenne de 1,9 t/ha. Elle est quasi-systématique au semis (environ 20 mm). Elle est comprise entre 13 et 170 mm sur le cycle de la dérobée et dépasse 100 mm environ 2 années sur 10.

NB : rendement exprimé en biomasse aérienne sèche totale (tiges + grains) en tonnes/ha et non en grains uniquement (quintaux/ha)

Biomasse sèche annuelle à maturité pour un soja 0 en sec et en irrigué avec la dose d'irrigation apportée

Site de Marsan - Scénario RCP 8.5



Sur le site de Marsan, la biomasse de la dérobée produite en sec est très variable, de 1,7 à 9,8 t/ha à cause de la variabilité des pluies. En irrigué, cette variabilité est fortement réduite avec des biomasses allant de 8,7 à 11,2 t/ha.

Comme pour le site de Aulnay-de-Saintonge, l'irrigation permet de sécuriser la production de la dérobée et de réduire fortement la variabilité interannuelle. La biomasse moyenne atteinte avec irrigation est plus élevée de 6,8 t/ha.

L'irrigation est systématique sur ce site et plus élevée que pour le site de Aulnay-de-Saintonge de 98 mm en moyenne. Hormis 2 années plus humides, elle est comprise entre 80 et 260 mm par an et dépasse 200 mm environ 2 années sur 10.

2

ITINÉRAIRES TECHNIQUES PRATIQUÉS, RENDEMENTS OBTENUS LES GRANDES CARACTÉRISTIQUES DE LA DOUBLE CULTURE

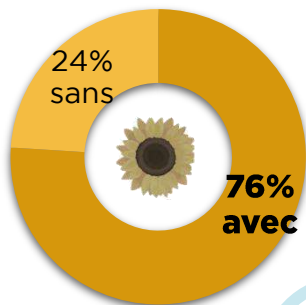
Le recueil des itinéraires techniques des agriculteurs a permis de caractériser les pratiques en matière de travail du sol avant semis, d'interventions phytosanitaires avec le désherbage principalement, d'irrigation et de fertilisation azotée.

TOURNESOL

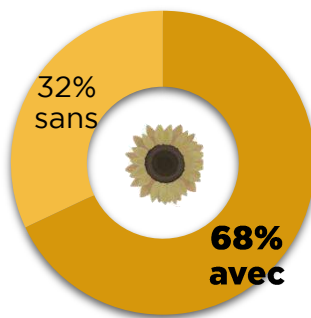
26 parcelles

IFT moyen
0,6

TRAVAIL DU SOL



DÉSHERBAGE CHIMIQUE



Le tournesol est majoritairement implanté après un travail du sol superficiel. Le semis direct ne représente que 25 % des cultures de tournesol dérobées implantées.

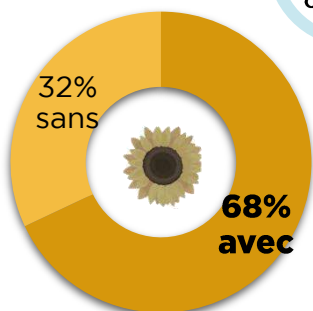
En raison d'une récolte précoce, le tournesol est souvent implanté après une orge d'hiver ou un colza semence. Les parcelles sont majoritairement désherbées chimiquement avec un IFT moyen de 0,6 pour les parcelles désherbées. L'irrigation est prépondérante avec une dose moyenne de 80 mm. La majorité des parcelles ne sont pas fertilisées. Aucun fongicide et aucun insecticide n'ont été utilisés sur les parcelles.

Le pourcentage d'humidité à la récolte était de 13% : 12% en moyenne en 2020 et 2022 et 19% de moyenne en 2021.

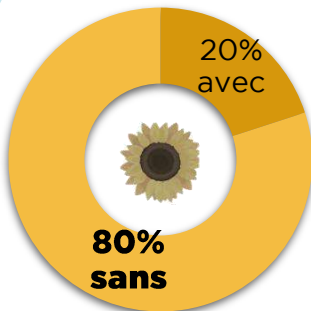
Norme commerciale 9%.

Dose d'irrigation moyenne
80 mm

IRRIGATION



FERTILISATION AZOTÉE



Le semis direct est majoritairement pratiqué pour le soja après un colza semence ou une orge d'hiver. Quand le sol est travaillé, il l'est de manière superficielle en majorité, derrière un blé. Les parcelles sont majoritairement désherbées chimiquement avec un IFT moyen de 1 et irriguées à 180 mm en moyenne. Aucune parcelle n'a été fertilisée.

Le pourcentage d'humidité à la récolte est de 16% en moyenne sur les quatre années. Il se situait entre 13 et 14% en moyenne sauf en 2021 où il atteint presque 18%.

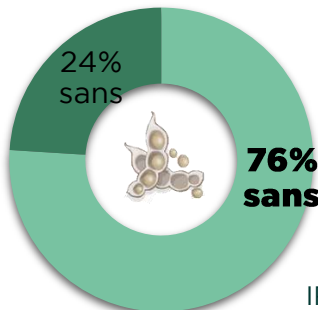
Norme commerciale 14%.

SOJA

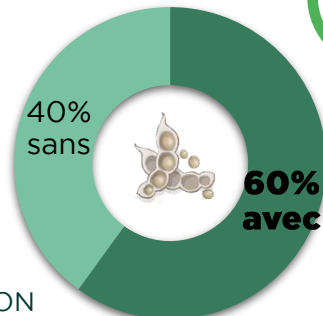
25 parcelles

IFT moyen
1

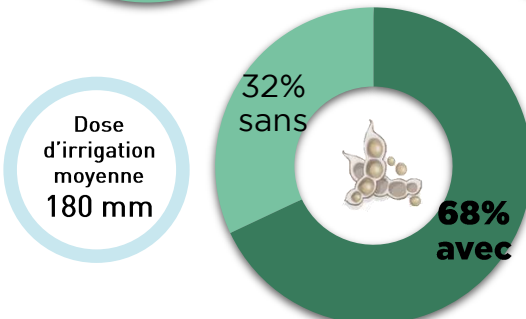
TRAVAIL DU SOL



DÉSHERBAGE CHIMIQUE



IRRIGATION



Dose d'irrigation moyenne
180 mm

SARRASIN

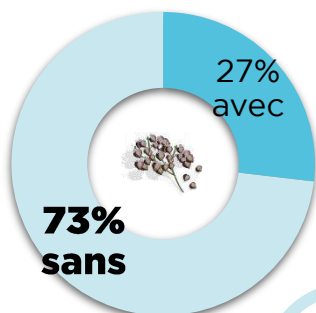
67 parcelles

IFT moyen

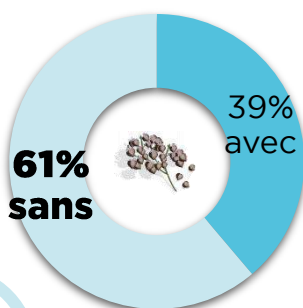
0,4

2

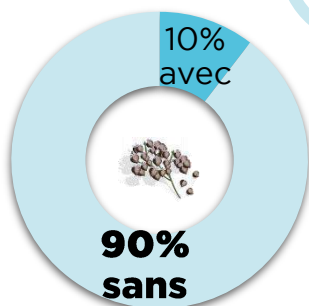
TRAVAIL DU SOL



DÉSHERBAGE CHIMIQUE

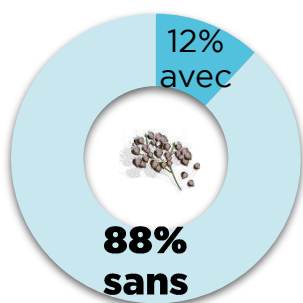


IRRIGATION



Dose d'irrigation moyenne 50 mm

FERTILISATION



Les agriculteurs cultivant le sarrasin pratiquent le semis direct en majorité, ne désherbent pas systématiquement chimiquement, n'irriguent pas et ne fertilisent pas leur parcelle. Ils utilisent des semences fermières pour la plupart d'entre eux.*

Le **pourcentage d'humidité** moyen à la récolte est de 21%, légèrement plus élevé en 2021. Norme commerciale 14%.

**Une partie des parcelles étudiées provient d'études préliminaires au projet 3C2A (2016, 2017).*



Ces trois espèces cultivées en dérobé sont peu consommatrices d'azote et de produits phytosanitaires avec des IFT faibles. Cependant l'irrigation est souvent nécessaire pour le soja et pour le tournesol.

Pour le sarrasin, les charges de mécanisation et d'intrants sont minimisées avec plusieurs parcelles conduites en semis direct et sans désherbage chimique mais le potentiel de rendement est plus limité.

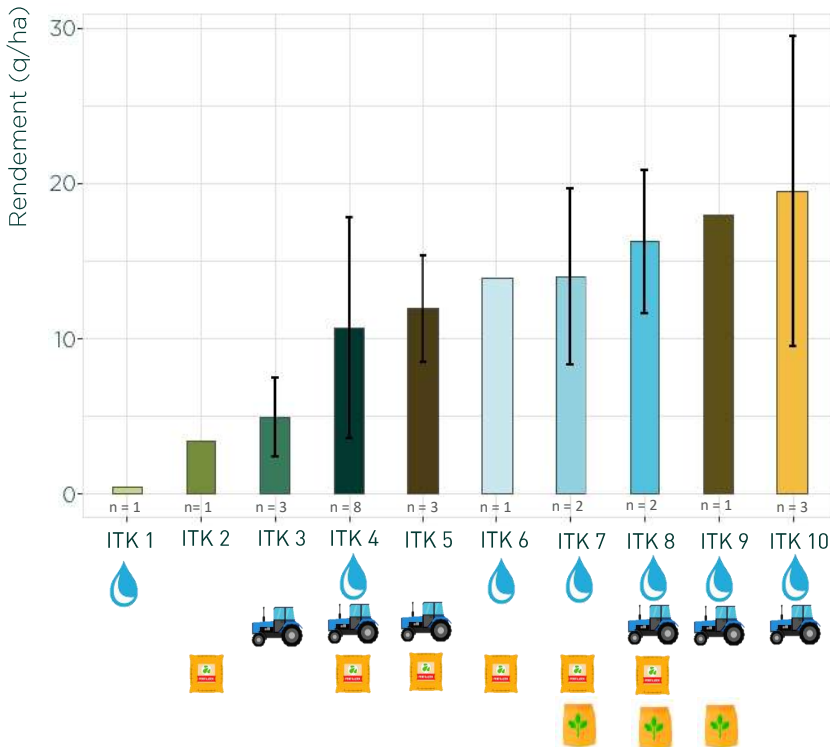
ITINÉRAIRES TECHNIQUES PRATIQUÉS, RENDEMENTS OBTENUS COMBINAISONS DE TECHNIQUES CULTURALES

Les suivis réalisés chez les agriculteurs pendant 4 années ont été regroupés en 7 à 10 conduites principales (ou itinéraires techniques) pour chacune des cultures étudiées. Elles combinent les actions de travail du sol avant semis, désherbage chimique, irrigation et fertilisation azotée. Un rendement moyen par conduite a été établi.

TOURNESOL

2019 à 2022 – 25 parcelles

Rendement moyen pour les 10 conduites culturelles identifiées



- Avec irrigation
- Avec travail du sol
- Avec désherbage chimique
- Avec fertilisation azotée

n = nombre total de données de l'ITK (rendement > 0)

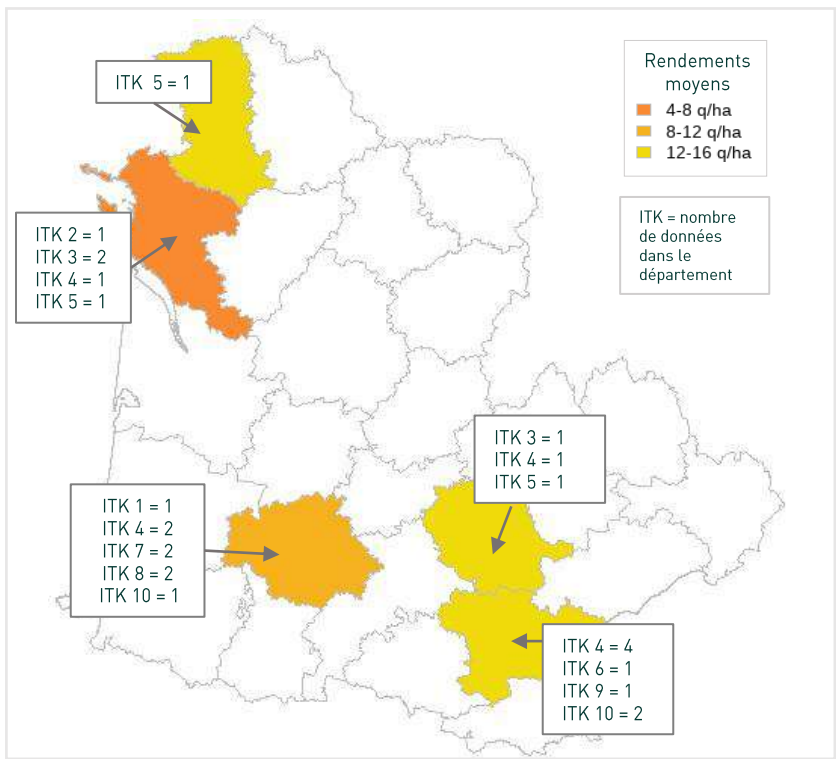
Source : CASDAR 3C2A – 2019 à 2022

La conduite culturelle qui combine travail du sol, irrigation et désherbage chimique (4) est la plus pratiquée mais la variabilité de rendement est importante.

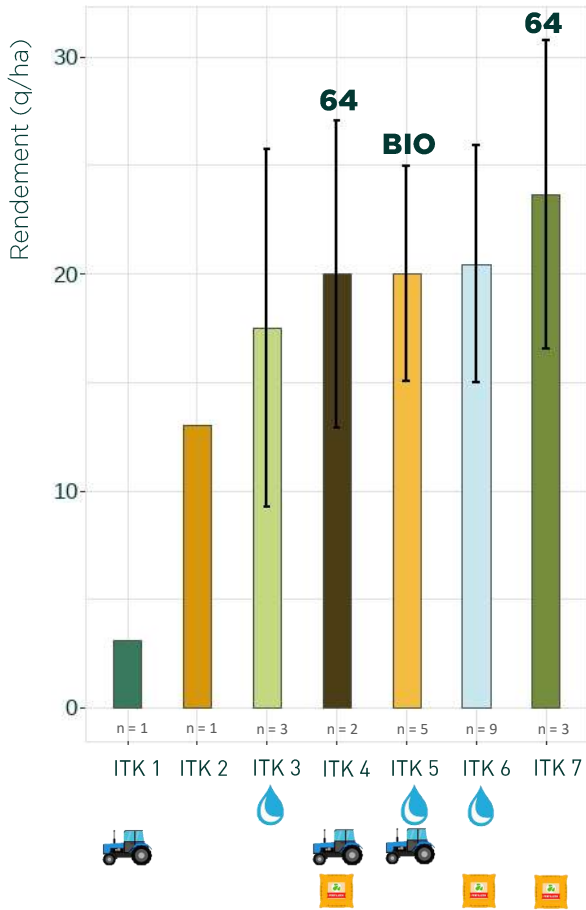
Seulement 20% des parcelles suivies ont été fertilisées entre 37 et 89 kg N/ha. Les itinéraires techniques avec fertilisation semblent montrer l'intérêt de la fertilisation azotée, avec des rendements obtenus légèrement plus élevés. Les parcelles fertilisées ont toutes été irriguées entre 25 et 135 mm.

Les itinéraires techniques sans irrigation sont plus fréquemment réalisés au nord de la Nouvelle-Aquitaine. En effet, en période estivale, l'irrigation est fortement limitée ou interdite. Cependant les rendements obtenus sont plus faibles.

L'irrigation associée à un travail du sol et/ou du désherbage chimique permet l'obtention de meilleurs rendements.



Rendement moyen pour les 7 conduites culturales identifiées



Les conduites de culture avec irrigation et désherbage chimique ou irrigation et travail du sol sont les plus pratiquées. Les rendements obtenus sont similaires pour tous les ITK irrigués.

L'ITK 5, avec irrigation et travail du sol avant semis, a été réalisé uniquement sur des parcelles en agriculture biologique. 4 parcelles sur les 5 ont été désherbées mécaniquement durant la culture, avec au minimum 2 binages associés pour la moitié d'entre eux à des passages de houes rotatives.

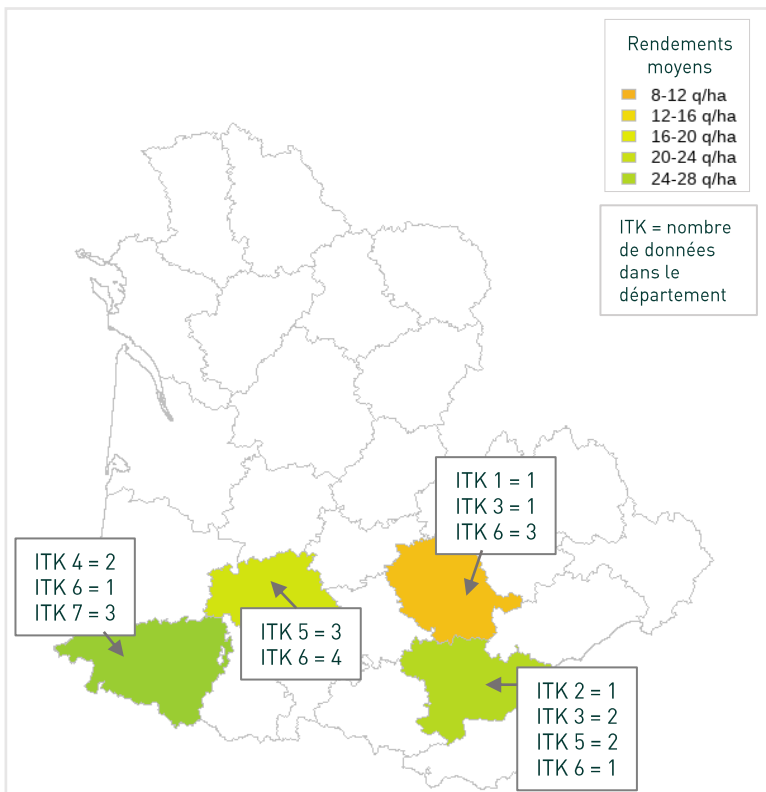
- Avec irrigation
- Avec travail du sol
- Avec désherbage chimique

n = nombre total de données de l'ITK (rendement > 0)

64 Conduite réalisée uniquement dans le 64 (Pyrénées-Atlantiques)

BIO Conduite réalisée uniquement sur des parcelles en agriculture biologique

Source : CASDAR 3C2A – 2019 à 2022



Les ITK 4 et 7, sans irrigation et avec un rendement moyen de 20 q/ha minimum, ont été réalisés uniquement dans le département des Pyrénées-Atlantiques, où la pluviométrie estivale est plus importante que dans les autres départements.



Aucun paramètre n'est discriminant, les rendements sont similaires entre les différentes conduites réalisées. Le semis direct a donc un intérêt important car les coûts sont limités. La fertilisation azotée n'est pas nécessaire.

Les ITK 4 et 8 sont les plus pratiqués avec des rendements moyens entre 6 et 7 q/ha.



Avec irrigation



Avec travail du sol



Avec désherbage chimique



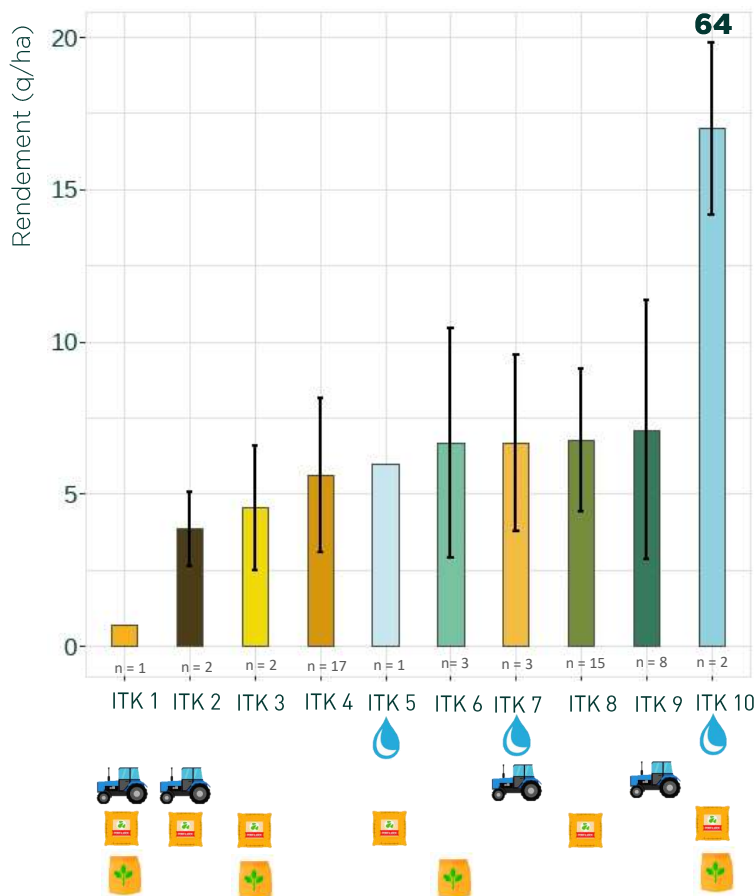
Avec fertilisation azotée

n = nombre total de données de l'ITK (rendement > 0)

64 Conduite réalisée uniquement dans le 64 (Pyrénées-Atlantiques)

Source : CASDAR 3C2A – 2019 à 2021 et données antérieures 2016/2017 – Chambre d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine

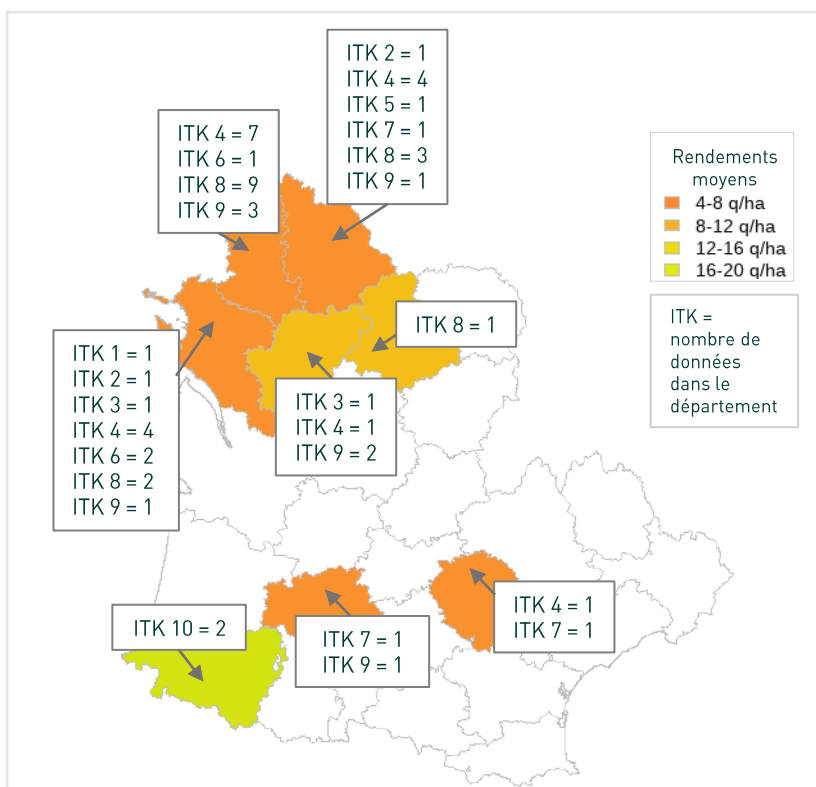
Rendement moyen pour les 10 conduites culturales identifiées



L'irrigation du sarrasin en dérobé est plus courante en Occitanie.

Comme pour le tournesol et le soja, la culture du sarrasin dans le département des Pyrénées-Atlantiques donne un rendement significativement plus élevé : dépassant les 15 q/ha.

La pratique de la fertilisation reste marginale dans les essais avec seulement 15% des parcelles fertilisées.



INTÉRÊTS DE LA DOUBLE CULTURE

PERSPECTIVES ÉCONOMIQUES

3


A partir des différentes conduites recensées, des cas-types ont été construits. Ils correspondent aux situations les plus rencontrées.

L'intérêt principal des cas-types est la création des graphiques (page suivante) constituant un Outil d'Aide à la Décision qui permet d'apprécier l'opportunité ou non d'implanter une culture dérobée grain.

CAS-TYPES TOURNESOL

Se référer à l'annexe pour les coûts choisis

TOURNESOL 1

Travail du sol 2 déchaumages 

Semis au semoir monograinne
Semences certifiées 75 000 gr/ha


Désherbage chimique 1 application d'herbicide
anti-graminées 1L/ha 

Charges intrants 128 €/ha

Charges mécanisation 163 €/ha

Charges totales **291 €/ha**

TOURNESOL 3

Travail du sol 2 déchaumages 

Semis au semoir monograinne
Semences certifiées 75 000 gr/ha

Désherbage chimique 1 application
d'herbicide anti-graminées 1L/ha 


Irrigation 125 mm 

Charges intrants + irrigation 378 €/ha

Charges mécanisation 163 €/ha

Charges totales **541 €/ha**

TOURNESOL 2

Travail du sol 2 déchaumages 

Semis au semoir monograinne
Semences certifiées 75 000 gr/ha

Désherbage chimique 1 application d'herbicide
anti-graminées 1L/ha 


Irrigation 75 mm 

Charges intrants + irrigation 278 €/ha

Charges mécanisation 163 €/ha

Charges totales **441 €/ha**

TOURNESOL 4

Travail du sol 2 déchaumages 

Semis au semoir monograinne
Semences certifiées 75 000 gr/ha

Irrigation 100 mm 

Charges intrants + irrigation 298 €/ha

Charges mécanisation 155 €/ha

Charges totales **453 €/ha**

Cas-types sans frais de séchage

Frais qui peuvent s'avérer indispensables selon le contexte

Barème de séchage indicatif par point d'humidité*

2019 - 2020 : 4,2 €/t

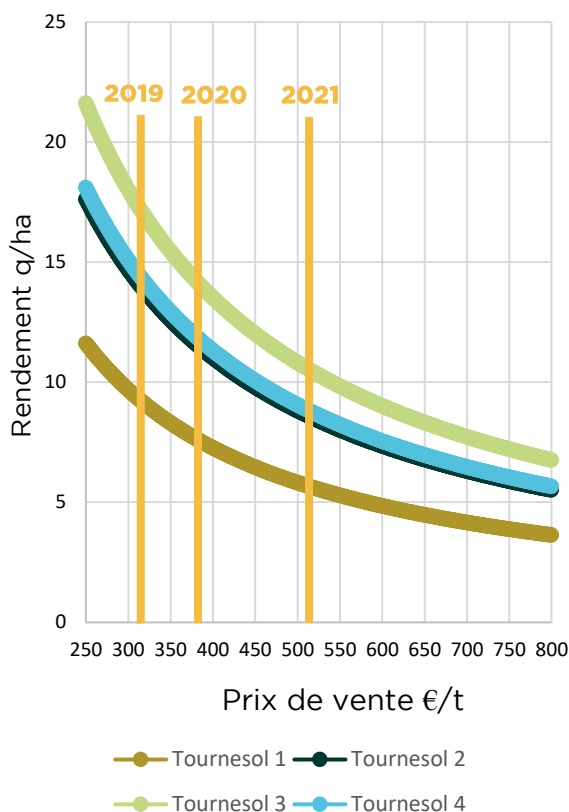
2021 : 7 €/t

2022 : 8 €/t

Source : V. Lecomte - Terres Inovia 2022

*Valeurs indicatives sous réserves d'importantes variations liées à la volatilité des tarifs de l'énergie

Rendement équilibre en fonction du prix de vente par cas-type



Les charges d'irrigation pèsent beaucoup sur la marge. Les cas-types 2 et 4 ont des montants de charges proches malgré un désherbage chimique supplémentaire pour le cas 2.

Avec un prix de vente peu élevé comme en 2019, il est nécessaire d'atteindre un rendement de 9 q/ha avec la conduite 1, 14 q/ha avec les conduites 2 et 4 et 17 q/ha avec la conduite 3 pour atteindre l'équilibre des charges.

Des prix de vente plus élevés comme en 2021 permettent d'atteindre l'équilibre avec des rendements moins élevés : entre 6 et 11 q/ha selon les conduites de culture.

L'irrigation est un facteur déterminant pour la réussite de la double culture et permet également d'obtenir des rendements plus élevés.



Le **Rendement équilibre** correspond au rendement à atteindre pour que la marge semi-nette soit égale à 0

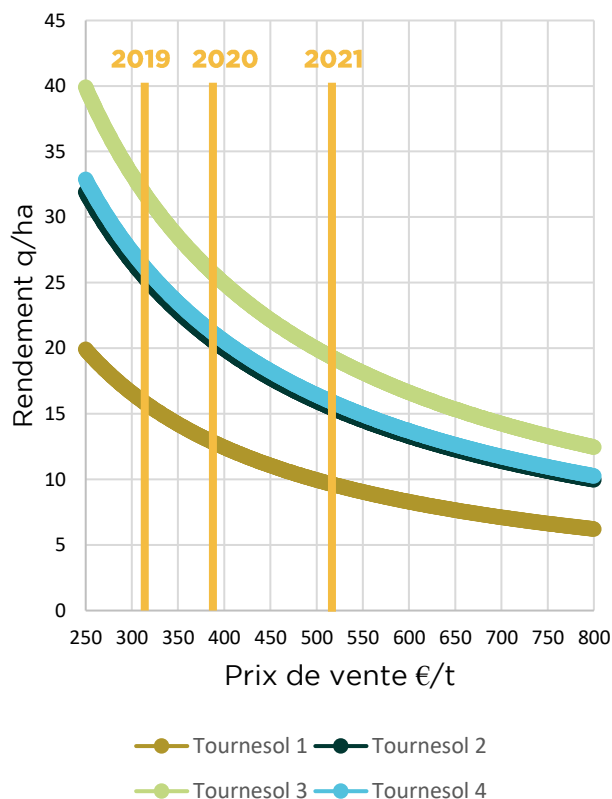
L'atteinte de la marge à 0 avec un taux de réussite de 50% (récolte une année sur deux) et un rendement de 13 q/ha n'est atteignable que pour des prix supérieurs à 350 €/t pour le cas non irrigué et supérieur à 650 €/t pour les cas irrigués à 75 et 100 mm.

Le cas 1 sans irrigation reste le moins risqué en termes économiques avec le moins de charges investies. Mais le plus risqué en termes de réussite de la culture.

Les cas 2 et 4 nécessitent une compensation des charges engagées sur l'année sans récolte mais les rendements restent atteignables pour les prix plus élevés comme ceux de 2021.

Les charges d'irrigation pénalisent fortement la rentabilité de cette culture, Mais en cas de prix de vente plus élevés comme en 2021, **le coût de l'irrigation peut être amorti ; et en permettant d'assurer la récolte et un rendement plus élevé**, elle peut s'avérer **indispensable selon le contexte climatique** de l'année.

Rendement équilibre en fonction du prix de vente pour une récolte 1 année sur 2



CAS-TYPES SOJA

Se référer à l'annexe pour les coûts choisis

3

SOJA 1

Semis direct, semences certifiées 600 000 gr/ha

Désherbage chimique 1 application d'herbicide
2L/ha 


Irrigation 120 mm 

Charges intrants + irrigation 573 €/ha

Charges mécanisation 115 €/ha

Charges totales **688 €/ha**

SOJA 2

Travail du sol 2 déchaumages 

Semis au semoir monograinne
Semences certifiées 600 000 gr/ha

Irrigation 120 mm 



Charges intrants + irrigation 544 €/ha

Charges mécanisation 153 €/ha

Charges totales **697 €/ha**

SOJA 3

Semis direct, semences certifiées 600 000 gr/ha

Irrigation 180 mm  

Charges intrants + irrigation 664 €/ha

Charges mécanisation 107 €/ha

Charges totales **771 €/ha**

SOJA 4

Semis direct, semences certifiées 600 000 gr/ha

Désherbage chimique 1 application d'herbicide
2L/ha 

Irrigation 180 mm  

Charges intrants + irrigation 693 €/ha

Charges mécanisation 115 €/ha

Charges totales **808 €/ha**

Cas-types sans frais de séchage

Frais qui peuvent s'avérer indispensables
selon le contexte

Barème de séchage indicatif par point d'humidité *

2019 - 2020 : 2,1 €/t

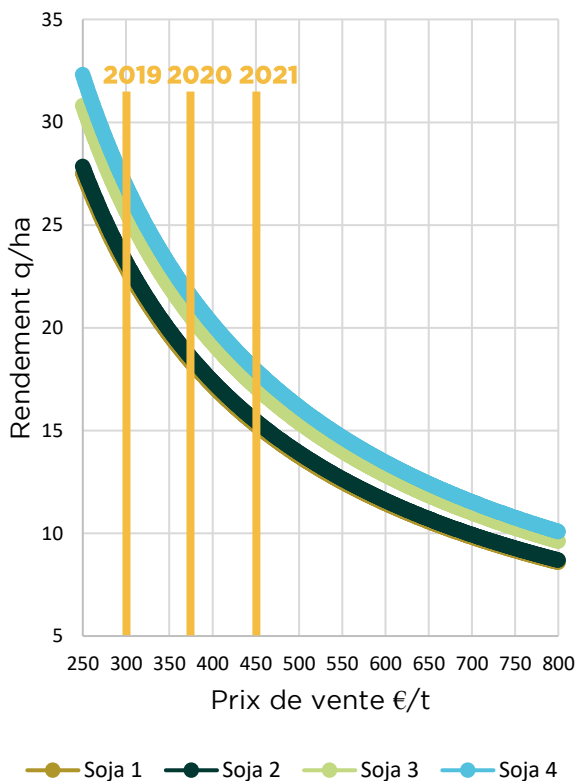
2021 : 3,5 €/t

2022 : 4 €/t

Source : V. Lecomte - Terres Inovia 2022

*Sous réserves d'importantes variations liées à
la volatilité des tarifs de l'énergie

Rendement équilibre en fonction du prix de vente par cas-type



Avec les prix pratiqués en 2019 et 2020 les rendements doivent être supérieurs à 18 q/ha pour tous les cas-types pour atteindre l'équilibre des charges.

Les prix pratiqués en 2021 permettent l'obtention de rendements moins élevés, entre 15 et 18 q/ha pour atteindre l'équilibre des charges.

Pour une dose d'irrigation de 180 mm (cas 3 et 4) au lieu de 120 mm (cas 1 et 2), il est nécessaire d'obtenir environ 2 q/ha de plus pour compenser les charges d'irrigation supplémentaires et atteindre l'équilibre.

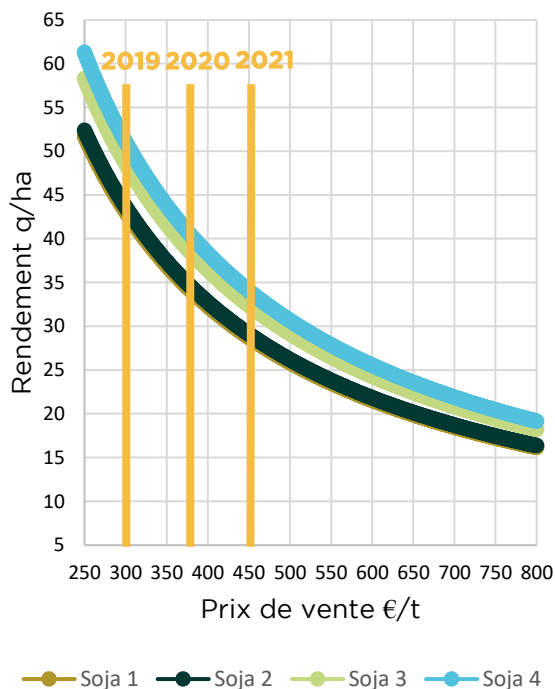
Les charges de ces cas-types peuvent être diminuées avec l'utilisation de semences fermières.

La réussite 1 année sur 2 semble difficilement rentable pour des sojas cultivés en dérobé avec de telles charges d'irrigation.

Le rendement à atteindre est supérieur à 26 q/ha quels que soient les cas même avec un prix de 500 €/t.

Mais comme pour le tournesol, l'irrigation permet de largement favoriser la réussite de la culture pour éviter ces scénarios de réussite uniquement une année sur deux et est la plupart du temps indispensable pour la culture du soja en dérobé.

Rendement équilibre en fonction du prix de vente pour une récolte 1 année sur 2



CAS-TYPES SARRASIN

Se référer à l'annexe pour les coûts choisis

3

SARRASIN 1

Semis direct, semences de ferme 35 kg/ha

Charges intrants 14 €/ha

Charges mécanisation 118 €/ha

Charges totales **132 €/ha**

SARRASIN 3

Travail du sol 1 déchaumage 

Semis combiné herse rotative, semences de ferme 35 kg/ha

Charges intrants 14 €/ha

Charges mécanisation 152 €/ha

Charges totales **166 €/ha**

SARRASIN 2

Semis direct, semences de ferme 35 kg/ha

Désherbage chimique 1 application d'herbicide 1L/ha 

Charges intrants 22 €/ha

Charges mécanisation 126 €/ha

Charges totales **148 €/ha**

SARRASIN 4

Travail du sol 1 déchaumage 

Semis combiné herse rotative, semences de ferme 35 kg/ha

Irrigation 50 mm 

Charges intrants + irrigation 114 €/ha

Charges mécanisation 152 €/ha

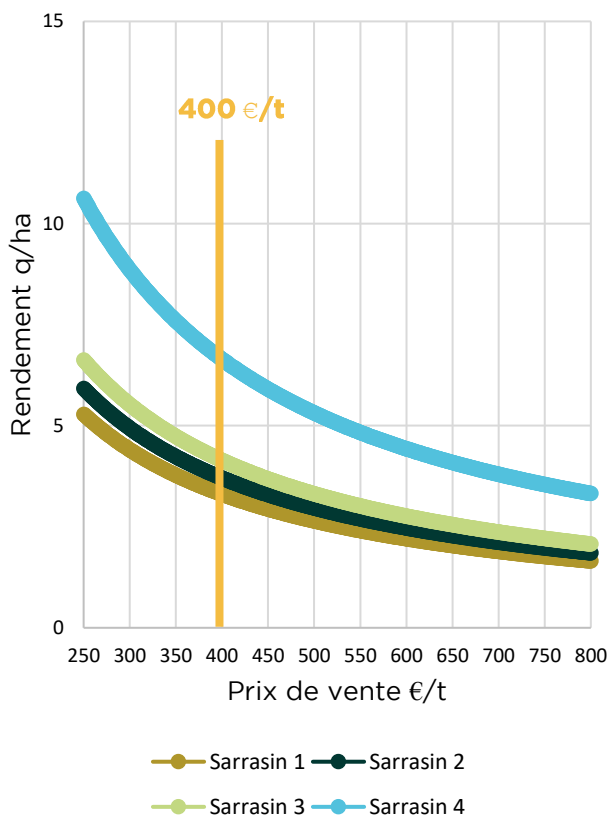
Charges totales **266 €/ha**



Prix des semences de ferme utilisées dans les cas-types : 0,4 €/kg

Prix indicatif de semences certifiées : 2 €/kg

Rendement équilibre en fonction du prix de vente par cas-type



Les trois cas-types sans irrigation sont similaires en termes de charges : pour un prix de 400 €/t le rendement équilibre est situé entre 3 et 4 q/ha.

7 q/ha sont nécessaires à obtenir pour compenser les charges d'irrigation (50 mm) du cas-type 4 et être à l'équilibre pour un prix de 400 €/t.

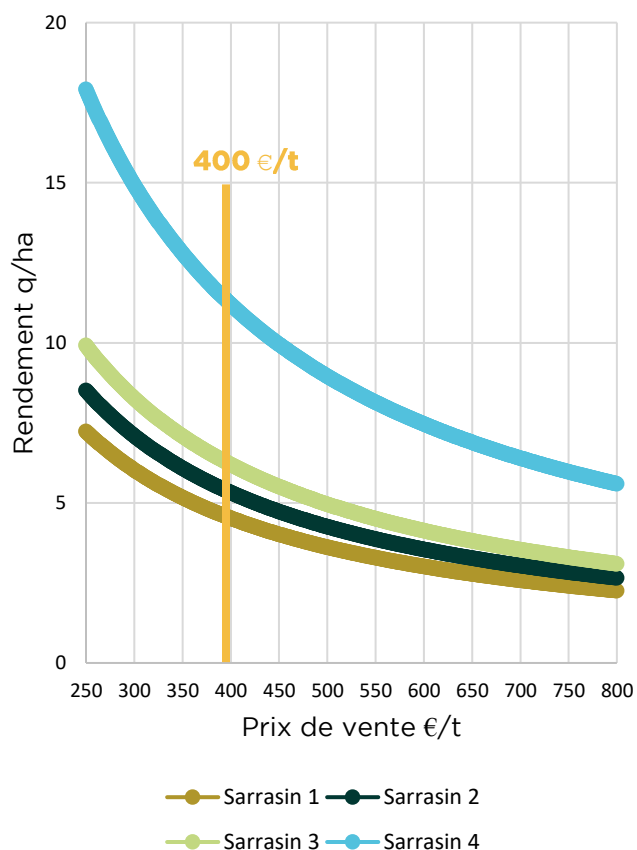
Les charges plus faibles du sarrasin par rapport aux autres cultures rendent possible une réussite de la culture une année sur deux pour avoir une marge semi-nette égale à 0.

Les rendements équilibre (prix de vente : 400 €/t) pour les cas-types 1 à 3, sans irrigation, sont en dessous de la moyenne de 6,5 q/ha obtenue sur les parcelles des agriculteurs suivies dans le cadre du projet 3C2A. L'utilisation de semences de ferme permet de conserver des charges faibles.

Cela est néanmoins moins évident pour le cas-type irrigué (4) : les charges d'irrigation représentant un poste important de dépense.

L'irrigation peut cependant se révéler indispensable pour sécuriser la levée.

Rendement équilibre en fonction du prix de vente pour une récolte 1 année sur 2





FOCUS sur la situation économique du tournesol et du soja en dérobé en 2022

- Croissance du produit brut grâce à une forte augmentation des prix de vente
- Augmentation des charges moins importante que l'augmentation des prix
- Marges dégagées plus intéressantes que les années précédentes

Source : V. Lecomte - Terres Inovia 2022

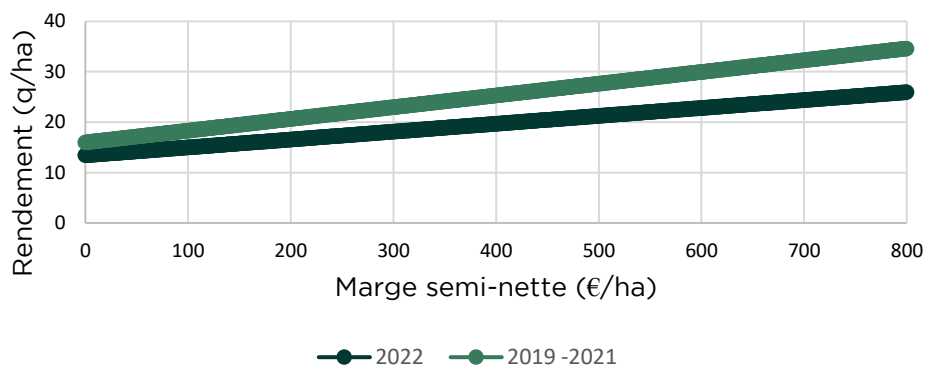
3

Les marges semi-nettes en fonction des rendements sont représentées ci-dessous avec des prix de vente fixés à 640 €/t pour le soja et 700 €/t pour le tournesol en 2022. Et 430 €/t pour le soja et 400 €/t pour le tournesol en moyenne sur la période 2019 à 2021.

Les coûts liés aux charges correspondent aux coûts moyens appliqués en 2022 et aux coûts moyens sur la période 2019 à 2021.

SOJA

Rendement et marge semi-nette pour un prix de 640 €/t en 2022 et de 430 €/t pour la période 2019 à 2021



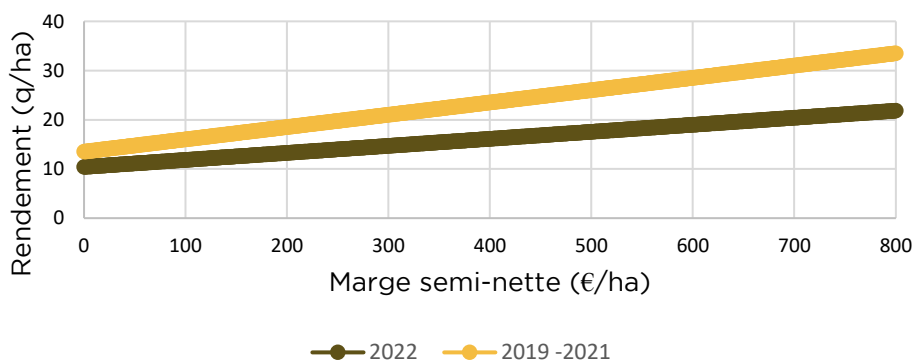
Grâce aux prix élevés pratiqués en 2022, pour obtenir une marge semi-nette nulle, le rendement équilibre à atteindre était de 2,5 q/ha moins élevé que sur la période 2019 – 2021 : 13,5 au lieu de 16 q/ha.

La différence entre les charges 2022 et 2019-2021 est de 170 €/ha sur le même ITK.

ITK utilisé : soja 1 – semis direct – 1 application d'herbicide 2L/ha – irrigation 120 mm

TOURNESOL

Rendement et marge semi-nette pour un prix de 700 €/t en 2022 et de 400 €/t pour la période 2019 à 2021



Comme pour le soja, les prix particulièrement élevés du tournesol en 2022 ont permis l'obtention de marges intéressantes pour des rendements moins élevés que les années précédentes. Et cela malgré l'augmentation importante des charges.

La différence entre les charges 2022 et 2019-2021 est de 187 €/ha sur le même ITK.

ITK utilisé : tournesol 3 – 2 déchaumages – 1 application d'herbicide 1L/ha – irrigation 125 mm

3

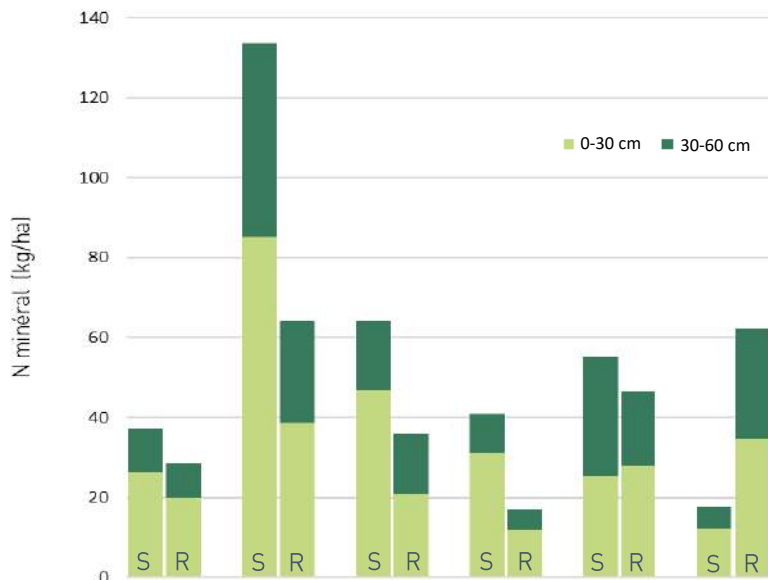
INTÉRÊTS DE LA DOUBLE CULTURE IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Des mesures de reliquats azotés au semis de la dérobée et à sa récolte ont été effectuées sur certaines parcelles du projet afin d'analyser l'impact de la culture sur le risque de lixiviation de nitrate pendant la période de drainage suivante.

Pour le soja, l'écart moyen entre le reliquat sur 0-30 cm au semis et à la récolte est de 6 kg N/ha, soit un reliquat à la récolte moins important qu'au semis. Cet écart moyen est de - 0,3 kg N/ha sur la profondeur 30-60 cm : il est quasiment stable.

SOJA

N minéral contenu dans le sol semis-récolte (kg/ha)



Pour chaque cas :

S - Barre 1 - Reliquat au semis (juin - juillet)
R - Barre 2 - Reliquat à la récolte (octobre - novembre)

Dans la majorité des cas l'azote disponible dans le sol a été consommé par la culture dérobée qui laisse un reliquat faible à moyen dans le sol à la récolte : de 10 à 40 kg N/ha sur la profondeur 0-30 cm et de 5 à 25 kg N/ha sur la profondeur 30-60 cm.



Un reliquat réduit, ou maintenu faible, avant le début de la période de drainage réduit le risque de lixiviation d'azote par rapport à un sol laissé nu. C'est le cas dans la plupart des cas de dérobées.

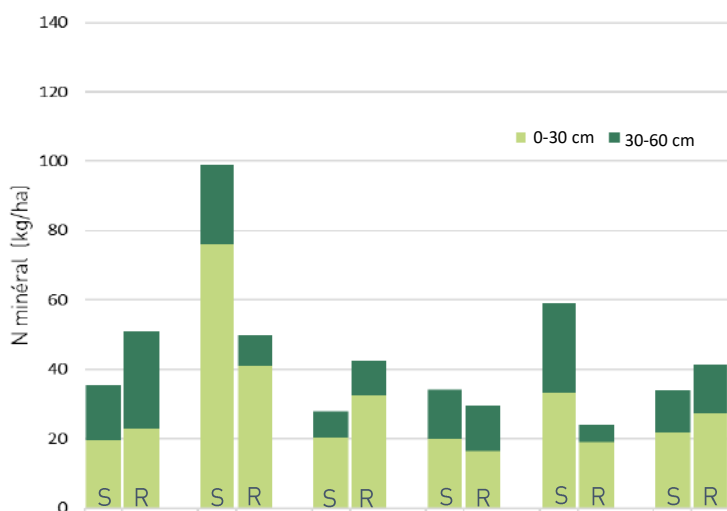
Rendement de la dérobée	18 q/ha	17q/ha	8 q/ha	25 q/ha	10 q/ha	3 q/ha
Irrigation	120 mm	140 mm	175 mm	350 mm	105 mm	
Culture précédente	Colza semence	Colza semence	Orge	Orge	Colza semence	Colza associé lentille-cameline
Rendement du précédent	16,4 q/ha	12 q/ha	42 q/ha	25 q/ha	12 q/ha	7 q/ha
Fertilisation apportée au précédent	190 N		50 N		180 N	15 N

AUTRES CULTURES

La quantité de N sur la profondeur 30-60 cm est globalement stable ou diminue pour presque toutes les cultures. Sur la profondeur 0-30 cm elle varie de quelques kg/ha pour la majorité des cas et laisse à la culture suivante entre 18 et 40 kg N/ha.

Ces cultures dérobées permettent donc le maintien d'un reliquat faible dans le sol. Et elles remplissent le service "diminution des pertes d'azote" recherché avec les cultures intermédiaires classiques.

N minéral contenu dans le sol semis-récolte (kg/ha)



Culture dérobée	Maïs	Sarrasin	Sarrasin	Sorgho	Tournesol	Tournesol
Rendement de la dérobée	48,4 q/ha	4,7 q/ha	11 q/ha	36 q/ha	8,5 q/ha	13,8 q/ha
Irrigation	177 mm			177 mm	125 mm	
Fertilisation	106 N			78 N		
Culture précédente	Pois d'hiver	Orge	Blé de force	Pois d'hiver	Orge	Orge
Rendement du précédent	36 q/ha	73,5 q/ha	69 q/ha	36 q/ha	50 q/ha	70 q/ha
Fertilisation apportée au précédent		160 N	240 N		120 N	160 N

Modélisation de l'eau drainée et de l'azote lixivié du 21 juin au 15 avril

Modélisations issues du modèle STICS développé par l'INRAE (Brisson et al., 2003) associées au scénario RCP 8.5 du GIEC - Période 2020 - 2060 - Cultures dérobées avec précédent blé d'hiver, semées le 21 juin - Lieux Aulnay-de-Saintonge (17) RU 213 mm et Marsan (32) RU 121 mm.

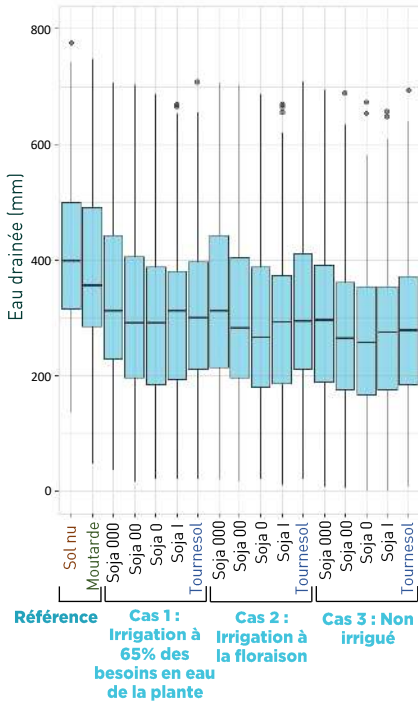
3

Soja et tournesol 3 cas testés

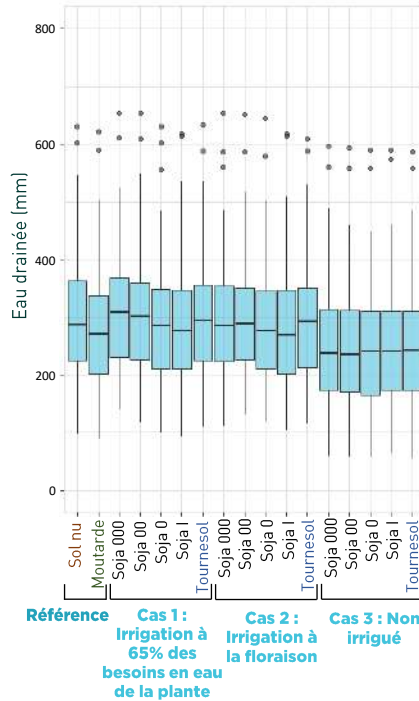
- Soja 000
- Soja 00
- Soja 0
- Soja I
- Tournesol précoce
- Couvert de moutarde
- Sol nu

- Cas 1 : Irrigation à 65% des besoins en eau de la plante
- Cas 2 : Irrigation à la floraison
- Cas 3 : Non irrigué

Aulnay-de-Saintonge (17)



Marsan (32)



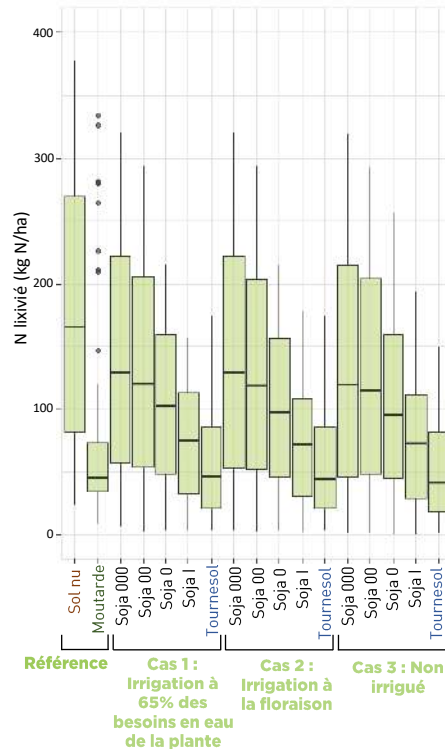
EAU DRAINÉE

Les graphiques ci-contre représentent l'eau drainée entre le 21 juin (date de semis) et le 15 avril pour les cultures dérobées nommées en abscisse, un sol nu et un couvert de moutarde, selon trois cas différents. L'eau drainée correspond à l'eau non récupérable par les racines de la plante, qui va donc percoler et qui contribue à réalimenter la nappe phréatique.

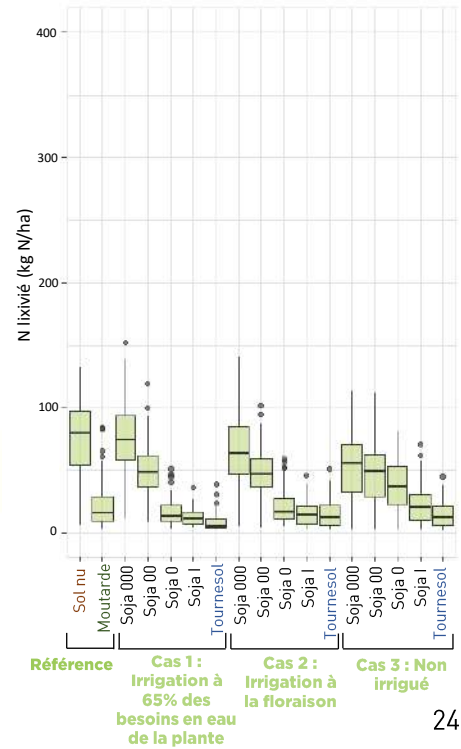
En moyenne 300 mm d'eau est drainée sur la période donnée pour les deux lieux. En Charente-Maritime (Aulnay-de-Saintonge), une culture dérobée de soja ou tournesol occasionne une diminution de l'eau percolée de l'ordre de 40 à 50 mm par rapport à une culture intermédiaire classique et restituée (moutarde).

N LIXIVIÉ

Aulnay-de-Saintonge (17)



Marsan (32)



Les graphiques ci-contre représentent l'azote lixivié (kg N/ha) entre le 21 juin (date de semis) et le 15 avril pour les cultures dérobées nommées en abscisse, un sol nu, et un couvert de moutarde, selon trois cas différents.

Les pertes d'azote sont limitées à Marsan, autour de 25-50 kg N/ha sur la période. Pour Aulnay-de-Saintonge elles sont plus élevées, autour de 100 kg N/ha.

Pour les deux sites l'effet variété du soja est marqué, avec plus de pertes pour les variétés plus précoces. Le sol nu se détache dans les deux cas avec plus d'azote lixivié. La culture dérobée permet donc de limiter les pertes en azote par rapport à un sol nu.

Il y a autant de N lixivié avec un couvert de moutarde qu'un tournesol dérobé selon la modélisation.

INTÉRÊTS DE LA DOUBLE CULTURE

FREINS ET LEVIERS À L'IMPLANTATION DE LA DOUBLE CULTURE

Une enquête auprès de 43 agriculteurs en Nouvelle-Aquitaine et Occitanie a été réalisée en 2020 et 2021. Celle-ci a permis d'identifier les principaux freins et leviers à l'implantation et la réussite de la culture dérobée.

Les agriculteurs enquêtés se situent dans les départements de la Vienne, des Pyrénées-Atlantiques, de la Charente et de la Charente-Maritime pour la Nouvelle-Aquitaine. Et du Gers, du Tarn, du Tarn-et-Garonne, de la Haute-Garonne, de l'Aude et des Hautes-Pyrénées pour l'Occitanie.

FREINS À LA MISE EN PLACE

Technique chronophage au moment du semis lors d'une période où la charge de travail est importante

Matériel de semis non adapté ou non disponible : certains agriculteurs font appel à des entrepreneurs, ainsi la disponibilité du matériel et/ou du personnel n'est pas assurée durant la période estivale, période de forte activité agricole

Impossibilité d'irriguer

Volonté de conserver des couverts végétaux pour l'apport de matière organique et le déstockage des graines d'adventices

Gestion des adventices en agriculture biologique

Les freins à la mise en place des doubles cultures ont été recueillis auprès d'agriculteurs n'ayant jamais mis en place de cultures dérobées.



Le **temps de travail moyen est de 1,5 h/ha**

Cultures dérobées de soja, sarrasin, tournesol, hors temps dédié à l'irrigation

Source : calculs à partir des données du projet via Systerre®

Les freins à la réussite et les facteurs de réussite ont été recueillis auprès d'agriculteurs ayant déjà testé la technique.

FREINS À LA RÉUSSITE

Non anticipation

Gestion des adventices

Impossibilité d'irriguer

Stress hydrique et thermique

Rémanence de produits phytosanitaires

Conditions humides lors de la récolte avec pour conséquences possibles : impossibilité pour la culture d'arriver à maturité, une humidité des grains trop élevée, ou la récolte est impossible car le tracteur ne peut pas rentrer dans le champ

FACTEURS DE RÉUSSITE

Récolte précoce de la culture précédente

Choix d'une variété précoce pour la culture dérobée

Destruction des repousses pour limiter la concurrence hydrique

Semis de la dérobée 72h après la récolte du précédent pour garder l'humidité résiduelle du sol

Dispositif de séchage disponible

FOCUS SUR D'AUTRES CULTURES INTÉRESSANTES

ENCORE DES RÉFÉRENCES À ACQUÉRIR

4

Cameline et sorgho grain

Des essais de cameline ont été menés au nord de la Nouvelle-Aquitaine (Charente, Charente-Maritime, Vienne et Deux-Sèvres), en Occitanie (Haute-Garonne) ainsi que dans le département du Maine-et-Loire (49). Sur les 3 ans d'essais, de 2019 à 2021, un peu plus d'une parcelle suivie sur deux a été récoltée (taux de réussite 50%). Les rendements obtenus sont compris entre 0,9 et 14 q/ha pour un rendement moyen de 5,8 q/ha.

Les parcelles de sorgho grain sont situées en Occitanie, dans l'Aude et le Gers, avec des rendements obtenus allant de 10 à 50 q/ha et un rendement moyen de 27 q/ha.

17 PARCELLES RÉCOLTÉES

Zoom sur l'itinéraire technique de la cameline en culture dérobée

Précédent varié : blé dur, pois de printemps, pois semence, orge d'hiver, ray grass...

Semis direct pour la moitié des parcelles, sinon déchaumage ou passage herse étrille

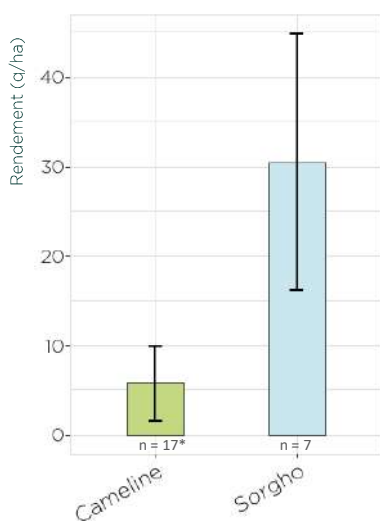
Semis entre le 09 juin et le 25 juillet

Dés herbage chimique Aucun pour 3/4 des parcelles, sinon anti-graminées

Fertilisation 10/17 parcelles fertilisées entre 30 et 40 unités d'azote

Irrigation 2/17 parcelles irriguées, une pour la levée uniquement (rendement : 8,1 q/ha) et la seconde irriguée à 75 mm (rendement : 2,4 q/ha)

Rendement moyen (q/ha) par culture



n : nombre de parcelles au rendement > 0 par culture
Source CASDAR 3C2A – 2019 à 2022
* Dont 11 parcelles dans le Maine-et-Loire (49)

7 PARCELLES RÉCOLTÉES

Zoom sur l'itinéraire technique du sorgho en culture dérobée

Précédent Colza ou pois

Travail du sol 5/7 parcelles avec travail du sol : déchaumage et/ou rouleau ou broyage, herse étrille

Semis entre le 20 juin et le 04 juillet

Dés herbage chimique pour 5/7 parcelles et dés herbage mécanique (binage) pour la moitié d'entre elles

Fertilisation 6/7 parcelles fertilisées entre 50 et 100 kg N/ha

Irrigation 3/7 parcelles irriguées entre 85 et 180 mm

Pour favoriser la réussite de la culture, la **cameline** doit être semée avant le 15 juillet. Le semis direct est possible mais le développement de la culture est plus important sur une parcelle propre. L'irrigation n'est pas forcément nécessaire mais des conditions sèches à la levée pénalisent la culture. Si les pluies sont peu abondantes (2022) la cameline a tendance à réduire son cycle de développement et à fleurir précocement entraînant un rendement proche de zéro. Enfin, un apport d'azote (20-40 U/ha), associé à des pluies favorables, peut permettre d'obtenir un meilleur rendement en particulier après des précédents "céréales à pailles".

Le **sorgho** doit être semé avant le 5 juillet. Un travail du sol avant semis et un dés herbage chimique favorisent le rendement. Tout comme la fertilisation azotée. L'irrigation n'est pas forcément nécessaire mais permet l'obtention de meilleurs rendements.



4

Maïs grain, maïs doux, chia et millet : des succès et des échecs

Les deux parcelles de maïs grain qui ont pu être récoltées en Occitanie (Aude et Gers) ont des rendements significativement éloignés de 7 et 48 q/ha. Elles ont été irriguées respectivement à 90 mm et 177 mm. Trois autres parcelles de maïs grain non irriguées ont été recensées dont 2 en Charente-Maritime mais n'ont pas été récoltées.

Le maïs doux a été cultivé dans les Pyrénées-Atlantiques pour des rendements de 215 et 140 q/ha. La culture ayant obtenu un rendement de 215 q/ha (2019) a été désherbée chimiquement et fertilisée, non irriguée, mais avec un travail du sol superficiel.

Le chia a été testé en 2019, 2020 et 2021 en parcelles expérimentales. Sur 5 essais dont 2 à Lusignan (86, nord Nouvelle-Aquitaine) et 3 à Auzeville-Tolosane (31, Occitanie), 1 seul a été récolté en 2019 à Auzeville-Tolosane (31) pour un rendement de 3 q/ha. Malgré son cycle court, cette culture semble difficile à conduire en dérobée (besoin en eau, faible concurrence vis à vis des adventices, cycle de développement trop long si on le compare au soja ou au tournesol).

Une parcelle de millet a été cultivée dans les Deux-Sèvres en 2022 (année pourtant peu favorable) et a obtenu un rendement de 16 q/ha. La culture a été semée le 20 juin 2022 (semis direct). Aucune intervention n'a eu lieu sur la culture qui a été récoltée le 29 octobre 2022 à 17% d'humidité (sans irrigation).

Culture dérobée de millet 2022, Deux-Sèvres



Des essais à poursuivre...

SYNTHÈSE

Quelles cultures testées ?



Tournesol précoce / très précoce



Sarrasin

Millet

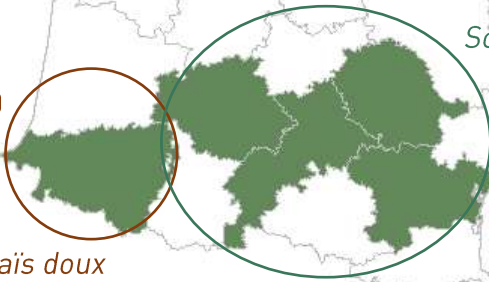


Soja 00,000



Sarrasin

Maïs doux



Sorgho

Soja 00,000



Tournesol précoce / très précoce



Sarrasin

Maïs grain

Bénéfices des doubles cultures, en bref

- Revenus d'une deuxième culture en plus de la culture principale
- Diversification, résilience au changement climatique
- Couverture du sol en interculture
- Ajout d'une légumineuse à la rotation (cas du soja)

Conditions favorables aux cultures au sein du contexte pédoclimatique du Sud-Ouest

Irrigation nécessaire aux stades clés : levée et floraison pour limiter la prise de risque

Date de semis précoce avant le 13 juillet

Irrigation > 70 mm

SOJA



Culture d'opportunité à semer lorsque la récolte du précédent est précoce : date de semis < mi-juillet

A pratiquer sur des surfaces modérées

TOURNESOL



Date de semis précoce avant le 9 juillet

Total des pluies et de l'irrigation sur le cycle > 130 mm

Irrigation > 60 mm

SARRASIN



Date de semis avant mi-juillet

Total des pluies et de l'irrigation sur le cycle > 90 mm

Précédent favorable : protéagineux

Des conduites de culture peu consommatrices en azote et produits phytosanitaires mais de l'irrigation souvent nécessaire

Paramètres étudiés



Irrigation



Travail du sol avant semis



Désherbage chimique



Fertilisation

TOURNESOL

Conduites de culture les + réalisées par les agriculteurs



Irrigation nécessaire

Gestion des repousses de la culture précédente et des adventices nécessaire au début de la culture (par travail du sol et/ou désherbage chimique)

Quelques parcelles fertilisées, les rendements semblent plus élevés

IFT Moyen : 0,6
Dose d'irrigation moyenne : 80 mm

SOJA

Conduites de culture les + réalisées par les agriculteurs



Irrigation nécessaire

Gestion des repousses de la culture précédente + adventices nécessaire au début de la culture (par travail du sol et/ou désherbage chimique ou désherbage mécanique)

IFT Moyen : 1
Dose d'irrigation moyenne : 180 mm

SARRASIN

Conduites de culture les + réalisées par les agriculteurs

Semis direct : aucune intervention

Ou Semis direct et



Intérêt du semis direct

Diminution de la variabilité de rendement si désherbage chimique

Sarrasin dérobé en sec : potentiel de rendement limité

IFT Moyen : 0,4

Impacts environnementaux

- Maintien d'un faible reliquat azoté dans le sol
- Limite le drainage de l'eau

Rentabilité

- Culture d'opportunité selon les prix de vente pratiqués
- L'irrigation est le poste de charge le plus important

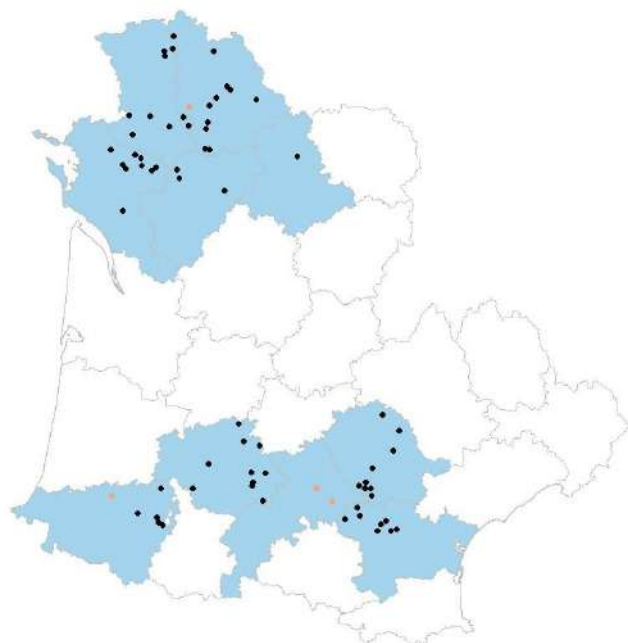


La culture dérobée de soja et tournesol face à l'évolution du climat

- Une extension possible de la zone de culture du soja vers le nord de la zone sud-ouest
- Des dates de maturité avancées donc une augmentation des possibilités de choix de variétés incluant des variétés moins précoces
- Des projections climatiques qui confirmeront la nécessité d'irriguer ces cultures

ANNEXE

Localisation des parcelles suivies et des stations expérimentales



Localisations des parcelles suivies de soja, sarrasin et tournesol et stations expérimentales

- Parcelles d'agriculteurs
- Stations expérimentales

Localisation des stations expérimentales : Auzeville-Tolosane (31), Montesquieu-Lauragais (31), Castétis (64), Lusignan (86).

Construction des « arbres de réussite »

Calculs des indicateurs suivants pour chaque parcelle à partir de données Météo France et de la date de semis de chaque parcelle : état du stock d'eau en surface du sol¹ (21 jours avant semis), date de levée², précipitations et/ou irrigation autour de cette date (6 jours avant la date calculée et 14 jours après), date de début floraison, précipitations et/ou irrigation autour de cette date (6 jours avant la date calculée et 14 jours après), nombre de jours supérieurs à 30°C autour de la date calculée de levée (jusqu'à 14 jours après – pour le sarrasin), nombre de jours supérieurs à 30°C autour de la date calculée de début floraison (jusqu'à 14 jours après – pour le sarrasin), date de début de maturité.

¹ Etat du stock d'eau en surface du sol : $\Sigma (\text{Précipitations} - Kc \cdot \text{ETP})$
 $Kc = 0.5$: coefficient cultural sol nu

² Dates calculées à partir de la somme des degrés jours : $\Sigma DJ = \Sigma (((T_{\min} + T_{\max})/2) - T_{\text{base}})$

Durées de cycles théoriques utilisées (en degrés jours) – T° de base : 6°C :

	Sarrasin	Tournesol	Soja 000	Soja 00	Soja 0
Semis - levée	106	90	78	84	90
Semis - Début floraison	477	670	488	512	580
Semis - Début maturité physiologique	1060	1400	1339	1430	1542
	Source : BRACONNIER R., GLANDARD J., 1952	Source : estimation par la Chambre Régionale de Nouvelle-Aquitaine à partir de données Terres Inovia sur variétés précoces	Source : estimations par la Chambre Régionale d'Agriculture d'Occitanie à partir d'essais variétaux 3C2A Terres Inovia 2019, 2020		

- Utilisation de l'algorithme CART pour trier les données en fonction des indicateurs choisis. Un indicateur peu en masquer un autre. Pour les besoins des analyses, certains arbres ont été réalisés qu'avec une partie des indicateurs.

Biais à cette représentation : faible nombre de données, choix d'une station météo proche de chaque parcelle mais pas issue directement de la parcelle donc possible inexactitude, dates calculées selon des cycles théoriques : possible inexactitude. Mais vérifications effectuées des dates calculées avec les dates de levée, floraison et maturité indiquées dans les enquêtes : elles sont comprises dans l'intervalle 6-14 jours autour de la date calculée.

Barèmes économiques utilisés

Matériel	Coût moyen en €/ha entre 2019 et 2021	Sources
Déchaumeur dents	23	Coûts des opérations culturales des matériels agricoles 2019, 2020 et 2021 – Chambres d'Agriculture France
Déchaumeur disques	23	
Moissonneuse	83	
Pulvérisateur	8	
Semis combiné HR	45,5	
Semis monograinne	24	
Semis Combiné dents socs	35	

Matériel	Coût moyen en €/ha en 2022	Sources
Déchaumeur dents	28,8	Coûts des opérations culturales des matériels agricoles 2022 – Chambres d'Agriculture France
Déchaumeur disques	34,4	
Moissonneuse	90	
Pulvérisateur	8	
Semis combiné HR	53,4	
Semis monograinne	30	
Semis Combiné dents socs	56,3	

Autres coûts utilisés	Coût moyen entre 2019 et 2021	Sources
Irrigation	2 €/mm	Tarif Mat 2019 à 2021 : Chambres d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine
Semences certifiées tournesol	20 €/kg	Chambre d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine
Semences certifiées soja	2,4 €/kg	Chambre d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine
Semences de ferme sarrasin	0,4 €/kg	Chambre d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine
Produit phytosanitaire Foly R	30 €/L	SYSTERRE®
Produit phytosanitaire Atic Aqua	14,7 €/L	SYSTERRE®

Autres coûts utilisés	Coût moyen en 2022	Sources
Irrigation	3€/mm	Tarif Mat 2022 : Chambres d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine
Semences certifiées tournesol	26 €/kg	SYSTERRE®
Semences certifiées soja	2,7 €/kg	SYSTERRE®
Semences de ferme sarrasin	0,4 €/kg	Chambre d'Agriculture de Nouvelle-Aquitaine
Produit phytosanitaire Foly R	31,2 €/L	SYSTERRE®
Produit phytosanitaire Atic-aqua	15,3 €/L	SYSTERRE®

SYSTERRE® : outil développé par Arvalis <https://www.arvalis.fr/outils-et-services/outils-et-fiches/systeme>



L'ÉTUDE

3C
2A

DOUBLES CULTURES

Opportunités, faisabilité et multiperformances de cultiver trois cultures en deux ans dans le sud-ouest de la France

Connaissances acquises dans le cadre du projet CASDAR 3C2A



L'ÉTUDE **3C 2A**

DOUBLES CULTURES

Opportunités, faisabilité et multiperformances de cultiver trois cultures en deux ans dans le sud-ouest de la France

Connaissances acquises dans le cadre du projet CASDAR 3C2A

COORDINATION DE LA RÉDACTION : Manon Pull (Chambre Régionale d'Agriculture Occitanie)

DOSSIER ÉLABORÉ PAR : Sébastien Minette, Nicolas Ferrand (Chambre Régionale d'Agriculture Nouvelle-Aquitaine), Julie Pitchers, Pierre Goulard, Manon Pull (Chambre Régionale d'Agriculture Occitanie), Matthieu Abella (Terres Inovia), Julie Constantin, Philippe Debaeke, Gilles Tison (INRAE)

PARTENAIRES DE L'ÉTUDE : INRAE, Terres Inovia, GIP Transitions, Chambre d'Agriculture de l'Aude, Chambre d'Agriculture de Charente-Maritime, Chambre d'Agriculture de Dordogne, Chambre d'Agriculture du Gers, Chambre d'Agriculture des Deux-Sèvres, Chambre d'Agriculture du Tarn, Chambre d'Agriculture de la Vienne, Chambre d'Agriculture des Pyrénées-Atlantiques, Arterris, Océalia

CRÉDITS PHOTOS : Les Chambres d'Agriculture, Freepik

Mai 2023