

VetAgro Sup

Mémoire de fin d'études d'ingénieur

Etude comparative entre les pratiques
des agriculteurs du Tarn-et-Garonne et
les pratiques d'agriculture de
conservation des sols

Corentin Paris

Option CALICE : Concevoir et accompagner
l'innov'action en agronomie
Année 2022

VetAgro Sup

Mémoire de fin d'études d'ingénieur

Etude comparative entre les pratiques
des agriculteurs du Tarn-et-Garonne et
les pratiques d'agriculture de
conservation des sols

Corentin Paris

Option CALICE : Concevoir et accompagner
l'innov'action en agronomie
Année 2022

Tuteur entreprise : M. Romain LAFLORENTIE

Tuteur enseignant : M. Benjamin Nowak

Phrase de réserve :

« L'alternant conserve la qualité d'auteur ou d'inventeur au regard des dispositions du code de la propriété intellectuelle pour le contenu de son mémoire et assume l'intégralité de sa responsabilité civile, administrative et/ou pénale en cas de plagiat ou de toute autre faute administrative, civile ou pénale. Il ne saurait, en cas, seul ou avec des tiers, appeler en garantie VetAgro Sup. »

Remerciements :

Avant toute chose, je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon apprentissage la Fédération Départementale des CUMA du Tarn-et-Garonne et qui m'ont aidées à construire le projet de ce mémoire.

Je voudrais remercier dans un premier temps, mon directeur de M. Romain LAFLORENTIE pour sa confiance, son aide et son accompagnement dans ce projet, mais aussi au cours de mon apprentissage.

Je remercie également toute l'équipe de la FD CUMA et de l'AGC du Tarn-et-Garonne qui m'ont encouragé et soutenu tout au long de ces trois années à leurs côtés. J'ai beaucoup appris professionnellement et humainement ce qui a contribué à la réussite de ma formation et de mon insertion. Un grand merci à tous les membres du réseau CUMA que j'ai eu la chance de croiser dans mon parcours pour leur solidarité et pour les nombreuses connaissances qui m'ont été transmises.

Je tiens tout particulièrement à remercier M. Gabin Garrigues, mon collègue animateur machinisme pour tous les projets menés ensemble et ses précieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude. Tout d'abord, Mme Céline GUILLEMAIN qui m'a permis de mener ce projet dans le cadre du GIEE porté par la Chambre d'Agriculture du Tarn-et-Garonne. Ensuite, je veux remercier les agriculteurs M. Eric LAFAGE et M. Jean-François BERNARD pour m'avoir permis d'expérimenter sur leurs parcelles. Enfin, je tiens à faire une mention particulière à tous les agriculteurs du GIEE pour leurs ouvertures et l'envie de faire progresser l'agriculture.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon tuteur enseignant, M. Benjamin NOWAK pour le temps qu'il m'a accordé, sa disponibilité et surtout ses précieux conseils dans la phase de création du projet où je me remettais en question sur la suite de mon alternance.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui ont permis de faire de ces 3 ans d'études à VetAgro Sup une réussite. Une mention particulière aux enseignants de l'option CALICE qui ont toujours été bienveillants et d'un grand soutien. Leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et m'ont permis d'avancer durant mes recherches.

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

Table des matières :

Etude comparative entre les pratiques des agriculteurs du Tarn-et-Garonne et les pratiques d'agriculture de conservation des sols :

1.	Introduction.....	1
1.1.	Une association au service de ces adhérents :	1
1.2.	Les politiques publiques, un élément poussant aux changements :	1
1.3.	Être payé pour le stockage de Carbone :	1
1.4.	Un territoire aux multiples enjeux :.....	1
1.5.	Le contexte pédoclimatique et ces conséquences à l'échelle du département :	2
1.6.	Un secteur de production de grandes cultures :	5
1.7.	Le collectif pour répondre aux enjeux agronomiques :	6
1.8.	Unir nos compétences pour développer les connaissances :	6
1.9.	Le Concept d' « agriculture de conservation » :	7
1.10.	Expérimenter pour répondre à de nombreuses questions :	7
2.	Une revue de la recherche au niveau mondial :	9
2.1.	Les recherches sur le continent Asiatique :	9
2.2.	Les recherches sur le continent Africain :	11
2.3.	Les recherches sur le continent Américain :	11
2.4.	Les recherches sur le continent Européen :	12
2.5.	Des méta-analyse à l'échelle mondiale pour observer les Gaz à Effet de Serre :	14
2.6.	La synthèse de la littérature :	15
3.	La Méthodologie générale :	16
3.1.	La mise en place d'essais plein champs :	16
3.1.1.	L'essai d'automne :	16
3.1.2.	L'essai de printemps :	16
3.1.3.	Les semis des essais :	17
3.2.	La collecte des données issus des essais aux champs :	19
3.2.1.	Les notations de l'essai d'automne :	19
3.2.2.	Les notations de l'essai de printemps :	20
3.2.3.	L'analyse statistique des données :	21
3.3.	L'analyse des coûts d'implantations des différents itinéraires techniques :	21
3.3.1.	La récolte des pratiques des agriculteurs volontaires :	21
3.3.2.	Le calcul des prix de revient des outils neuf et à l'estimation des autres :	22
3.3.3.	L'analyse du coût de revient de chaque itinéraire technique :	22

4. Les résultats des expérimentations :	23
4.1. L'essai sur le triticales d'automne :	23
4.1.1. Les populations de triticales sortie d'hiver :	23
4.1.2. Les comptages d'épis et hauteur de plante :	24
4.1.3. La récolte de l'essai le 12 Juillet 2022 :	25
4.1.4. L'analyse du cycle triticales à posteriori :	26
4.2. L'essai sur le Tournesol au printemps :	28
4.2.1. La levée du tournesol :	28
4.2.2. Le suivi de croissance du tournesol :	29
4.3. L'analyse des coûts d'implantations des différents itinéraires techniques :	31
4.3.1. Les 5 méthodes d'implantations du triticales de Puycornet :	31
4.3.2. Les 2 méthodes d'implantations du tournesol à Larrazet :	33
5. Discussion :	34
5.1. L'essai de Puycornet :	34
5.2. L'essai de Larrazet :	36
6. Conclusion :	37
Annexes 1 : Calcul des coûts d'implantations des semoirs neufs :	39
Bibliographie :	40

Tables des figures :

Figure 1: Typologie climatique du territoire Occitanie :	3
Figure 2: Le plan de la parcelle de Puycornet :	18
Figure 3: Le plan des parcelles de Larrazet :	18
Figure 4: Les placettes au sein des deux parcelles de Larrazet :	20
Figure 5: Photo de la parcelle de Puycornet le 13 Janvier 2022 :	23
Figure 6: Les résultats du comptage d'épis du 29 Juin 2022 :	24
Figure 7: Photos de la zone sans triticales au 11 Mai et au 29 Juin :	25
Figure 8: Graphique de la valeur de NDVI en fonction temps sur le cycle de culture du triticales :	26
Figure 9: Carte NDVI du 1er Février au 1 Juin :	27
Figure 10: Photo des plantules de tournesol dans la parcelle travaillée au 11 Mai 2022 :	28
Figure 11: Photo des plantules de tournesol dans la parcelle de semis direct au 25 Mai 2022 :	29

Tables des tableaux :

Tableau 1: La pluviométrie 2021-2022 en millimètre par décades sur la station de Montauban :	5
Tableau 2: Résultats de la moisson l'essai de Puycornet :	25
Tableau 3: Notations des parcelles de tournesol au 17 mai 2022 :	28
Tableau 4: Notations des parcelles de tournesol au 25 mai 2022 :	29
Tableau 5: Notations des parcelles de tournesol au 02 Juin 2022 :	30
Tableau 6: Simulation du coût d'implantation du triticales par l'agriculteur :	31
Tableau 7: Simulation du coût d'implantation du triticales avec les semoirs directs :	31
Tableau 8: Revenus disponibles et de l'importance de l'implantation :	32
Tableau 9: Simulation du coût d'implantation des 2 parcelles de tournesol :	33

Tables des abréviations :

FD CUMA 82 : Fédération départementale des CUMA du Tarn-et-Garonne

CUMA : Coopératives d'Utilisation du Matériel Agricole

GIEE : Groupement d'Intérêts Economique et Environnemental

FAO : Food and Agriculture Organization

GES : Gaz à Effet de Serre

CEC : Capacité d'échange cationique

NO₂ : Protoxyde d'azote

CO₂ : Dioxyde de carbone

CH₄ : Méthane

ADN : Acide DésoxyriboNucléique

GAEC : Groupement Agricole d'Exploitation en Commun

P S : Poids Spécifiques

ANOVA : Analyse de Variance

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index

TCS : Technique Culturelle Simplifiée

Etude comparative entre les pratiques des agriculteurs du Tarn-et-Garonne et les pratiques d'agriculture de conservation des sols :

1. Introduction

1.1. Une association au service de ces adhérents :

La Fédération départementale des CUMA du Tarn-et-Garonne (FD CUMA 82) est une association qui accompagne les Coopératives d'Utilisation du Matériel Agricole (CUMA) dans leurs différents besoins. Cet accompagnement comporte différents aspects. Il peut être aussi bien économique et financier, que juridique. Mais les points d'importances sont les compétences techniques et en machinisme agricole, où notre réseau est particulièrement reconnu tant en local qu'au niveau national. Le rayon d'action de la structure est départemental et nous conseillons une petite centaine de coopératives. Sous ces structures coopératives, ce sont des femmes et des hommes de nos territoires que nous suivons dans le changement des pratiques agricoles afin de répondre aux nombreux enjeux auxquels ils font face. Les changements juridiques, fiscaux, politiques ... etc. sont autant de choses qui impactent nos activités au quotidien et où nous accompagnons les agriculteurs.

1.2. Les politiques publiques, un élément poussant aux changements :

Depuis 2014 et la loi d'avenir, des politiques ont émergé sur le stockage du carbone dans les sols afin de limiter le réchauffement climatique. Ce qui se traduit par l'initiative 4 ‰ en France mise en place sous la présidence de M. Stéphane Le Foll ministre de l'Agriculture à l'époque. Cette initiative incite à stocker 4 ‰ de matière organique supplémentaire dans les terres arables afin de compenser les émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique émis chaque année dans l'atmosphère. Cette volonté de « produire autrement » (Remongin 2016) est portée par le ministère dans le développement de l'agroécologie reposant sur les piliers du développement durable (économique, environnemental et social). Ces politiques ont aussi créé les GIEE (Groupement d'Intérêts Economique et Environnemental) permettant un renouveau de l'accompagnement en agriculture.

1.3. Être payé pour le stockage de Carbone :

Depuis quelques années, le marché des crédits carbone est un business très fructueux pour certaines entreprises, mais il commence à arriver en agriculture. Il a émergé plus rapidement en élevage avec le diagnostic CAP2ER®. Mais il commence à émerger dans les systèmes de grandes cultures avec toujours le même objectif : stocker du carbone au sein de l'exploitation agricole par des pratiques vertueuses et revendre ces crédits carbones à des entreprises qui auront le droit d'émettre ce carbone dans l'atmosphère. Cette pratique controversée en termes de bénéfices écologiques laisse entrevoir une manne financière pour le changement de pratiques en faveur du stockage de carbone et ainsi sur l'augmentation des stocks de matières organiques.

1.4. Un territoire aux multiples enjeux :

Le territoire du Tarn-et-Garonne est assez vallonné sans pour autant avoir de hauts reliefs. Ces vallons ont souvent été creusé par des cours d'eau. Les sols sont plutôt riches en argiles en fond de vallons et

les pratiques agricoles favorisent ces accumulations. Les pratiques de travail du sol afin d'avoir de la terre fine, l'érosion des taux de matières organiques des sols et l'ouverture des paysages posent de gros problèmes (Bryan 2000). L'érosion de la « bonne terre », la terre fine composée principalement des argiles et des limons enrichi les bas de pente et appauvri le haut des parcelles.

Lors de fortes pluies, de nombreux cours d'eau deviennent très turbides du fait d'une forte érosion hydraulique et des inondations qui se produisent aux abords de cours d'eau dont la structure du sol ne laisse pas infiltrer l'eau (Battiato, Alaoui, et Diserens 2015). Les conséquences se font sentir sur l'approvisionnement en eau potable dans certains secteurs et nécessitent des stations de traitement de la turbidité de l'eau.

De plus, ces particules arrachées à la surface du sol sont pourvoyeuses de pollutions phytosanitaires dans les eaux liées aux pratiques de protections des cultures, on parle alors de pollution diffuse (Li, Merrill, et Haith 1990). En effet, certaines matières actives, se conservent très bien dans les sols du fait de leurs agrégations avec les particules qui le composent, et se diffusent dans l'environnement que beaucoup plus tard. Le seuil de potabilité a été franchi de nombreuses fois en 2020 dans les cours d'eaux superficiels et très rarement dans les eaux profondes du département. Dans la majorité des cas, ce sont des substances herbicides qui dépassent les seuils autorisés, parmi lesquelles certaines substances ne sont plus autorisées (SIE Adour-Garonne, 2020).

En plus d'être un enjeu majeur pour les populations et les pouvoirs publics sur le court terme, cette érosion est aussi un problème pour les agriculteurs. Les premiers centimètres du sol sont aussi les plus fertiles car ceux-ci sont plus riches en matières organiques et en particules fines. Certaines exploitations arrivent sur un épuisement de la fertilité de leur sol et à une perte de potentialité. L'émergence de la pierrosité en sommet de coteau et la baisse des taux de matières organiques sont des signes d'érosion de la fertilité. La matière organique a un rôle primordial dans les sols, que ce soit son rôle structurant (Heil et Sposito 1993), son réservoir en éléments minéraux via la minéralisation, la nutrition des êtres vivants ou sa capacité à emmagasiner l'eau (Minasny et McBratney 2018). De plus, cette matière organique est composée majoritairement de carbone qui ne se retrouve pas dans l'atmosphère quand celui-ci est fixé dans le sol.

1.5. Le contexte pédoclimatique et ces conséquences à l'échelle du département :

Parmi les premières difficultés ressenties sur le territoire, l'adaptation à la nature de sol est une problématique majeure. Les terres arables du département ont une nature argileuse ce qui les rend plus complexes à travailler. Entre les sols argilo-calcaires et les sols de boubènes majoritaires sur le département, les agriculteurs ont la vie dure. Ces sols argileux sont plus sensibles au tassement et à la perte de la portance pour les automoteurs lors de travail dans de mauvaises conditions de ressuyage. Ces tassements pouvant entraîner des pertes de rendements (Botta et al. 2007). De plus, ils ont une forte capacité de rétention de l'eau d'autant plus qu'une semelle de labour est présente ce qui rend plus difficile la circulation de l'air et donc le réchauffement de ces sols au printemps.

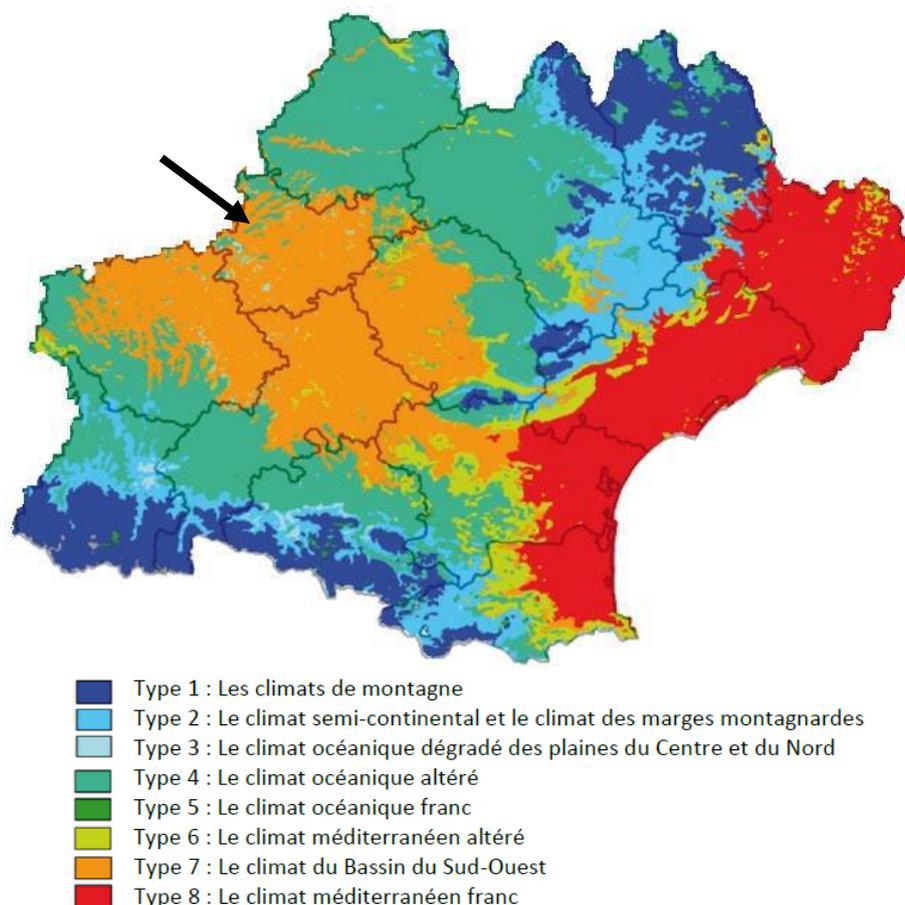
Les argiles ayant une bonne capacité à s'agréger entre eux et avec les différentes particules du sol (Chenu 2001), ceux-ci demandent une force de traction supérieure à un sol sableux pour la même profondeur de travail. Ce qui implique donc un coût de traction et de carburant supérieur. Les charges de mécanisations des exploitations du Tarn-et-Garonne se trouvent vraiment impactées que ce soit

par la pratique majoritaire du labour d'hiver avec plusieurs reprises ou le besoin de puissance de traction. Ces pratiques favorisent l'oxygénation importante du profil de sol. Les conséquences de ces actions mécaniques sur les agrégats sont la plus grande accessibilité de la matière organique du sol ce qui favorise la minéralisation émettrice de CO₂ (Scopel et al. 2005).

Le suivi de la mécanisation réalisé grâce aux formations aux jeunes agriculteurs montre des résultats supérieurs à 3 CV / ha pour la traction dans quasiment l'intégralité des exploitations contre 2,5 CV / ha au niveau national. Le suivi du parc tracteur de nos CUMA montre la même tendance de besoin de puissance avec une surreprésentation de la gamme 150-200 CV dans les achats des 5 dernières années avec une tendance à se rapprocher des 200 CV où les dépasser. Ces puissances sont présentes dans les zones de grandes cultures du départements (Lomagne et Val d'Aveyron, de Garonne et de Tarn) depuis quelques années et démocratisées dans les exploitations. Mais cette tendance se généralise aussi au bassin d'élevage (ancien et actuel) où les cultures céréalières et la valorisation fourragères se développent.

Au niveau du climat, on peut classer le Tarn-et-Garonne dans une zone climatique appelé « climat du Bassin Sud-Ouest » (voir la carte ci-dessous) :

Figure 1: Typologie climatique du territoire Occitanie :



Source : Les types de climats en France, une construction spatiale, CNRS, INRA, 2010

Le Climat du Bassin Sud-Ouest est représentatif de territoires proche de la Garonne. Il se caractérise par un ensoleillement annuel proche de 2000 heures. Située à mi-chemin entre l'Atlantique et la Méditerranée, cette zone est balayée par 2 vents dominants : l'Autan avec ses rafales de sud-est qui dessèchent les cultures et le vent d'ouest porteur de pluie. Les étés plutôt chauds et secs sont inégalement arrosés par des orages. (ORACLE Occitanie 2020)

La température moyenne annuelle à Montauban est 13,8°C sur la période 1990-2019 avec une augmentation de 1,8°C en 60 ans. Le nombre de jours par année où la température maximale journalière est supérieure ou égale à 25°C est de 91.8 (période 1993-2019) avec une augmentation de 34 jours en 56 ans. Le nombre de jours où la température minimale journalière est inférieure ou égale à 0°C reste stable autour de 38 jours. La moyenne trentenaire (1990-2019) du cumul annuel des pluies journalières est 688 mm avec de grosses variations interannuelles. La répartition de ces pluies est cependant assez régulière sur les 4 saisons avec plus de 150 mm par saison.

Globalement l'Occitanie subit une accélération du réchauffement ce qui impacte fortement l'agriculture. Nous le constatons au travers notamment du raccourcissement des calendriers cultureux et de l'augmentation du stress thermique des cultures. Les derniers rapports du GIEC vont dans ce sens, ce réchauffement a une très forte probabilité de se poursuivre. L'augmentation du nombre de jours chauds accroît l'évapotranspiration en raison de la relation étroite entre température et évapotranspiration potentielle ce qui impacte le besoin en eau des cultures et particulièrement celle de printemps (Amigues et al. 2006).

En agriculture, la notion de jours agronomiquement disponibles est de plus en plus présente. Elle est définie au milieu du XXe siècle par Kreher en Allemagne comme « le nombre de jours dont l'agriculteur est statistiquement assuré de disposer, au moins quatre années sur cinq, pour réaliser une opération donnée, pour chaque période. » dans de bonnes conditions et avec de bons résultats (Joannon et al. 2021). Dans le Tarn-et-Garonne cette notion est d'autant plus importante que la nature des sols est argileuse. Ceux-ci prennent plus de temps pour se ressuyer ce qui peut contraindre certaines fois les agriculteurs à passer dans de mauvaises conditions afin de réaliser leurs travaux des champs.

Dans les grandes étapes des calendriers cultureux se trouvent :

- La récolte des cultures de printemps se réalise généralement fin août et courant septembre.
- Les travaux du sol pour la préparation des semis sont réalisés en suivant, souvent au cours du mois d'octobre et début novembre.
- Les semis de céréales d'hivers sont assurés courant novembre et en décembre pour les parcelles en retard.
- Les labours d'hiver sont fait à partir du mois de décembre jusqu'à mars pour les plus tardif et c'est le moyen privilégié de destruction des couverts végétaux.
- Les reprises des sols pour les cultures de printemps commencent fin février pour les plus précoces et s'étale jusqu'à avril.
- Les semis de printemps s'étalent généralement sur les mois d'avril et mai.
- La récolte des céréales à pailles et des colzas se réalisent fin juin et courant juillet.

Tableau 1: La pluviométrie 2021-2022 en millimètre par décades sur la station de Montauban :

1ère décade d'août	2e décade d'août	3e décade d'août	1ère décade de septembre	2e décade de septembre	3e décade de septembre	1ère décade d'octobre	2e décade d'octobre	3e décade d'octobre
13,4	0,4	0	42,7	92,5	4,4	20,7	0	11,1

1ère décade de novembre	2e décade de novembre	3e décade de novembre	1ère décade de décembre	2e décade de décembre	3e décade de décembre	1ère décade de janvier	2e décade de janvier	3e décade de janvier
23,7	1,8	19,8	59,5	0	20,9	40	0	0,2

1ère décade de février	2e décade de février	3e décade de février	1ère décade de mars	2e décade de mars	3e décade de mars	1ère décade d'avril	2e décade d'avril	3e décade d'avril
1,6	15,1	1	13,2	26	8,8	8,4	25	37,9

1ère décade de mai	2e décade de mai	3e décade de mai	1ère décade de juin	2e décade de juin	3e décade de juin	1ère décade de Juillet	2e décade de Juillet	3e décade de Juillet
4,6	0,4	2,9	20,9	1,6	39,4	4,2	0	2,2

Source : (« Relevés météo jour par jour de Montauban Lamothe-Capdeville - Météo60 » 2022)

L'année 2021 a posé de nombreux soucis à nos agriculteurs pour la récolte des cultures de printemps avec la forte pluviométrie du mois de septembre qui a retardé toutes les opérations culturales de fin d'année. D'autres ont fait les choix de passer dans des conditions moyennes ce qui a eu de gros impacts sur les sols et a nécessité des reprises du sol en profondeur. Le gros des semis a été réalisé pendant les 2^e décades de novembre et décembre.

Le début d'année 2022 a été assez sec pour réaliser les opérations de travail du sol mais de nombreux semis ont été bloqué en attendant la pluviométrie de fin avril afin d'avoir de la fraîcheur pour placer les graines. Les étendus de cultures de printemps étant importantes, l'importance économique des cultures est rentrée en jeu dans les semis. Les cultures les plus intéressantes ont été semées au début du mois de mai et les autres à la fin avec des problèmes de levé en cas de non irrigation. Enfin la récolte d'été 2022 a eu une énorme fenêtre climatique malgré la précocité de l'année.

1.6. Un secteur de production de grandes cultures :

Le Tarn-et-Garonne est représentatif du secteur grandes cultures du sud-ouest de la France avec des assolements majoritairement de cultures annuelles. Les productions fourragères arboricoles et viticoles sont aussi présentes sur le département mais elles représentent des parts plus faibles de la sole globale malgré certaines productions où le Tarn-et-Garonne est le leader français. Pour les cultures de printemps, le maïs, le tournesol et le soja sont dominant. Et pour celles d'automne, le blé, l'orge et le colza sont fortement représentés. Cependant, les cultures de printemps représentent plus de 50 000 ha et ces surfaces sont malheureusement souvent à nues et travaillées pendant l'hiver précédant le semis.

Le climat doux et la pluviométrie hivernale favorisent alors la lixiviation des éléments minéraux dans les eaux. Ainsi, il peut être constaté de grosses pertes de nitrates des sols agricoles dans le milieu vers les écosystème aquatiques, favorisant leurs eutrophisations. C'est pour cette raison que quasiment l'intégralité du département subit la directive nitrate et le classement en zone vulnérable de ce territoire (Guyot 2021). Les secteurs de cultures sont particulièrement touchés par cette mesure. Cependant, ils bénéficient d'un allègement des contraintes grâce à la notion de sols à contrainte argileuse qui diminue les obligations des agriculteurs pour la couverture hivernale.

1.7. Le collectif pour répondre aux enjeux agronomiques :

Cette ambition autour du stockage du carbone n'est pas que politique ou financièrement attractive, certains agriculteurs se lancent seulement pour l'importance agronomique de cette matière organique qui est riche en carbone.

Sur le territoire du Tarn-et-Garonne, la chambre d'agriculture a réussi à fédérer 13 agriculteurs sur cette problématique. Ce groupe nommé AGILE (AGrI soL d'avEnir) fédère les agriculteurs sur la notion de fertilité. Ils l'ont défini comme le cœur de leurs préoccupations. Ils ont ainsi l'objectif de faire évoluer leur système de production en vue de préserver cette fertilité et de l'améliorer. Ainsi les pratiques de couverture du sol toute l'année via les couverts végétaux et la réduction des inter-cultures longues sans protection du sol sont testées. De plus la diminution voire l'arrêt du travail du sol est expérimenté sur les parcelles de ce réseau.

Les aspirations de certains des membres pour l'agriculture de conservation des sols ont un peu orienté les choix du GIEE (Groupement d'Intérêt Economique et Ecologique) à insister sur l'expérimentation des pratiques citées ci-dessus. Les agriculteurs de ce groupement sont autant éleveurs que céréaliers et se situe sur l'intégralité du territoire du Tarn-et-Garonne ce qui permet une bonne représentativité sur le territoire mais entraîne des nombreux enjeux. Ceux-ci sont l'autonomie fourragères et la sécurisation des stocks pour les éleveurs alors que les céréaliers cherchent une diminution des charges de mécanisation en préservant un rendement acceptable. La chambre d'agriculture du Tarn-et-Garonne porte et anime ce GIEE. Celui-ci n'est pas le premier du type sur cette problématique mais il arrive après l'échec du premier avec un groupe peu dynamique. Le mélange d'éleveur et de céréaliers en plus de la répartition sur un large territoire sont les nouveautés de ce GIEE.

1.8. Unir nos compétences pour développer les connaissances :

C'est dans le contexte de ce GIEE, que la chambre d'agriculture et la FD CUMA 82 ont décidé d'unir leurs compétences pour travailler l'expérimentation de nouvelles pratiques culturales sur des parcelles d'agriculteurs du réseau. Les agriculteurs de ce GIEE étant tous dans des CUMA représentées et accompagnées par la FD CUMA 82.

L'objectif affiché est fort car il a pour but de pratiquer les techniques de l'agriculture de conservation des sols chez ces agriculteurs volontaires. La couverture végétale hivernale sera alors maximisée dans les parcelles de cultures de printemps, et le travail du sol sera réduit au strict minimum (strip-till ou

semis direct). Les parcelles seront aux maximums représentatives du milieu car les agriculteurs de ce GIEE sont assez dispersés sur le département. Cependant les rotations de cultures ne seront pas abordées sur cette première année même si les précédents de cultures seront forcément différents des cultures suivantes.

1.9. Le Concept d' « agriculture de conservation » :

Le terme d' « agriculture de conservation » a été créé par la FAO (Food and Agriculture Organization) en 2001 lors du « First World Congress on Conservation Agriculture », à Madrid. (MOLLIER 2020) L'agriculture de conservation des sols est définie par le dictionnaire de l'agroécologie comme une « Agriculture qui repose sur trois grands principes agronomiques appliqués simultanément : la suppression de tout travail du sol, la couverture (végétale ou organique) permanente du sol ainsi que la diversification de la rotation culturale. Le principal objectif de cette combinaison de principes est de réduire la dégradation des sols et d'améliorer à terme leur fertilité en utilisant intensivement les processus biologiques et écologiques de l'écosystème sol en remplacement de certains intrants. [...]

Chaque principe est composé d'un ensemble de pratiques. Cependant, l'agriculture de conservation ne correspond pas seulement à une addition de pratiques mais aussi à des interactions entre composantes du système. [...] L'agriculture de conservation demande une plus grande maîtrise technique qu'en travail du sol, pour assurer un bon semis et une bonne levée des cultures. La conservation d'une bonne vie du sol s'inscrit dans la préservation de la biodiversité et l'entretien de la fertilité des sols, qui sont des principes de l'agroécologie.

Les systèmes rencontrés en agriculture de conservation sont très variés puisque le choix des pratiques se fait en fonction des caractéristiques de la situation de production (pédoclimat, contexte socio-technique, ...). De plus, les principes sont souvent appliqués partiellement, correspondant la plupart du temps à des étapes de transition, ce qui augmente cette diversité. Les principaux bénéfices apportés par l'agriculture de conservation sont en général les suivants : réduction du temps de travail et de la consommation d'énergie fossile par hectare, amélioration de la vie du sol, accroissement du taux et gestion durable de la matière organique du sol, diminution de l'érosion et limitation de l'évaporation des sols. » (Roocks, Salva, et Sarthou 2016; Scopel et al. 2005)

1.10. Expérimenter pour répondre à de nombreuses questions :

La série d'essais réalisés dans le cadre du GIEE a pour but de mener une étude comparative entre les pratiques des agriculteurs du Tarn-et-Garonne et les pratiques d'agriculture de conservation des sols mise en place dans nos parcelles d'essais.

Plusieurs finalités sont envisagées :

La première consiste à démontrer que ces pratiques sont réalisables sur les terres du département car nous partons avec de forts a priori négatifs de la communauté agricole locale

La seconde est d'étudier les résultats agronomiques des cultures implantées. Le suivi des cultures implantées en semis direct ou avec la préparation de sol de l'agriculteur sera un enjeu majeur sachant que l'itinéraire technique, après la partie semis, sera commun aux modalités.

La troisième est de pratiquer une analyse économique sur la partie implantation de cultures en repartant de la récolte de la culture précédente.

Ces trois objectifs sont les marqueurs de la coopération entre les deux organismes du projet, car les compétences techniques de chacune des parties seront nécessaires à l'obtention des résultats finaux. De plus, la diffusion des résultats est un enjeu majeur, et nous prévoyons une communication par le biais de fiches techniques à des fins de vulgarisation de nos résultats. Les agriculteurs sont vraiment le nœud central de cette expérimentation, et l'incitation à la prise de recul sur de nouvelles techniques, un objectif.

Afin de répondre à ces questions nous nous sommes posé la question suivante : Dans quelles mesures les pratiques d'agriculture de conservation via la simplification du semis des cultures répondent aux enjeux techniques, agronomiques et économiques des exploitations du Tarn-et-Garonne tout en prenant en compte les contraintes environnementales ?

Cette problématique peut se scinder en plusieurs questions secondaires. Est-il possible de pratiquer l'agriculture de conservation en simplifiant la préparation du semis dans la terre argileuse du Tarn-et-Garonne ? Cette question est purement technique mais crée réellement débat sur l'acceptation de cette pratique à plus grande échelle. Elle sera aussi le moyen de voir si le matériel de semis proposé sur le marché réussi à s'adapter aux contraintes de ce territoire.

Ensuite, l'étude agronomique de la mise en place de ces nouveaux itinéraires techniques est cruciale. Est-ce que les cultures menées en agriculture de conservation lors du semis obtiennent les mêmes résultats agronomiques et les mêmes rendements que ceux des parcelles avec les pratiques actuelles ? Certes, les résultats sur les taux de matière organique ne peuvent pas se mesurer sur une année culturale mais le choix des indicateurs sera important.

Enfin, la partie économique est le nerf de la guerre pour de nombreux agriculteurs. La hausse du prix des intrants, des semences et du matériel agricole donne vraiment des équations complexes à résoudre pour tirer des bénéfices des productions. Est-ce que la simplification du semis permet de dégager une marge supplémentaire sur la culture implantée ? L'objectif étant de calculer le coût moyen d'implantation de nos modalités et le rendement horaire (ou débit de chantier) des outils utilisés.

La question environnementale n'est pas étudiée directement mais celle-ci est prise en compte derrière le concept d'agriculture de conservation des sols. La meilleure gestion à long terme des matières organiques et la couverture permanente des sols ont un rôle crucial dans un territoire où les sols s'appauvrissent de plus en plus.

2. Une revue de la recherche au niveau mondial :

On a vu précédemment que la FAO a défini l'agriculture de conservation, comme reposant sur trois grands principes (MOLLIER 2020) :

- Couverture maximale des sols (faite de résidus de culture ou de couverts semés)
- Absence de travail du sol (seule la perturbation de la ligne de semis est tolérée)
- Diversification des espèces cultivées (rotations longues et cultures associées)

En théorie, ces trois principes doivent être appliqués simultanément pour créer un nouvel agroécosystème plus vertueux. Cependant pour l'étude menée sur le Tarn-et-Garonne, je vais me focaliser sur un de ces 3 principes : l'absence de travail du sol par l'utilisation de la pratique du semis direct.

Afin d'étudier la littérature scientifique à ce sujet, je me suis posé les questions suivantes : Quels sont les facteurs déterminant la réussite agronomique des cultures en semis direct ? Le semis direct permet-il de produire le même rendement qu'une culture menée avec un travail du sol conventionnel ? Ces recherches m'ont permis de trouver de nombreux articles à l'échelle mondiale qui vont être présentés par continents.

2.1. Les recherches sur le continent Asiatique :

Pour commencer sur le continent Asiatique et plus particulièrement en Chine, la région semi-aride du plateau de Loess a été le lieu de plusieurs études. Ce plateau bénéficie d'une pluviométrie annuelle de 614 mm principalement réparti entre mai et octobre et un sol de « light loam » qui est un sol limoneux assez équilibré. (Su et al. 2007) ont démontré que le blé implanté en semis direct avait une meilleure utilisation de l'eau, et surtout le rendement a été supérieur en semis direct face à une implantation conventionnelle. Les sols non travaillés pendant 6 années ont eu une meilleure rétention de l'eau tout au long de l'étude face au travail du sol conventionnel. De plus cette étude dit aussi qu'il y a un bénéfice économique à faire ce type de pratique car elle consomme moins de mécanisation et de travail. Enfin un rendement final supérieur dans ce cas permet une amélioration importante des marges pour les agriculteurs.

Sur ce même plateau dans un calcisol plus en altitudes et 395 mm de pluviométrie ,(Wang et al. 2020) ont réalisé des tests sur la culture du maïs de 2008 à 2016. Par rapport aux méthodes de travail du sol avec charrue, le semis direct a augmenté les niveaux de stockage de l'eau du sol dans la couche 0–200 cm. L'amélioration du régime hydrique du sol garanti par le semis direct a augmenté l'accumulation de matières sèches des grains. Le semis direct a augmenté respectivement les rendements en grains que les années soit sèches, normales ou humides par rapport au travail du sol.

Ces deux études mènent au bilan que le semis direct améliore efficacement le stockage de l'eau du sol, les rendements et les niveaux d'efficacité d'utilisation de l'eau ce qui peut permettre un moindre arrosage quand celui-ci est possible.

Toujours dans les régions arides de Chine sur la plateforme d'expérimentation de l'université d'agriculture du Sichuan, (Yang et al. 2020) ont montré que le paillis de paille de maïs combiné au

semis direct a permis d'avoir un régime hydrothermique du sol plus favorable dans la couche arable. C'est ainsi que le nombre maximal de talles de blé et d'épis fertiles a augmenté avec cette méthode. Cela a également amélioré les activités de l'uréase du sol et de la phosphatase neutre ce qui a favorisé le développement du blé. Le rendement en grains dans le non-labour avec paillis était donc supérieur. Cependant la pratique était plus efficace dans un climat sec (environ 130 mm sur le cycle du blé) que dans un climat humide dans cette étude et certains effets ne sont ressortis que dans les conditions sèches où l'amélioration du régime hydrique est un facteur fort du développement de la culture.

Lors de leur étude sur la culture du blé dans les plaines de nord de la Chine, (Dong et al. 2006) ont trouvé un résultat qui nuance les bons résultats du semis direct précédent. En raison du paillis végétal suite au non travail du sol le blé avait un retard de 7 à 10 jours pendant les stades en vert avec une moindre émergence de feuille et cela affectait le remplissage du grain. De plus, il y avait une moindre évaporation dans les zones non travaillées ce qui a entraîné un moins bon développement des racines du blé. Le blé a donc eu une moins bonne efficacité de l'azote en semis direct ce qui a diminué son rendement.

Dans la région aride de Kalpoush en Iran (Omidmehr et Faezniya 2019) ont travaillé sur l'étude de 5 systèmes de travail du sol pour l'implantation du tournesol dont une en semis direct. Pendant 2 années sur 3, la méthode conventionnelle de travail du sol a eu le rendement du tournesol le plus élevé. Seulement l'analyse combinée de 3 ans du rendement du tournesol a montré que le travail du sol conventionnel et le semis direct étaient dans la même classe. Lors de faibles précipitations, le meilleur stockage d'humidité dans le sol et l'efficacité de l'utilisation des précipitations dans la culture en directe étaient supérieures à la méthode conventionnelle. Enfin les résultats de la recherche à plus long terme montrent que le rendement grain du tournesol a augmenté après plusieurs années dans la méthode d'agriculture de conservation. Cette pratique pouvait donc être une alternative appropriée à la méthode conventionnelle de travail du sol.

Enfin pour finir avec le continent Asiatiques, (Erenstein et al. 2008) ont travaillé dans la plaine du Ganges dans l'état indien de l'Haryana et dans la plaine de l'Indus la province pakistanaise du Punjab avec des natures de sols sablo-limoneux. Ces régions semi-arides pouvant bénéficier d'une pluviométrie de 300 à 1100 mm annuellement dont 80 % grâce aux moussons de Juin à Septembre. Le système étudié est une rotation blé / riz irrigué. Leurs enquêtes ont pu démontrer un coût d'implantation diminué par le semis de blé en direct (traction et carburants). Le rendement en 2004 est augmenté sur une zone d'étude par le semis direct (4%) mais il est resté commun au travail de sol conventionnel sur l'autre zone. Sur les 3 ans précédents, il n'y a pas de différences significatives entre les traitements pour le rendement. Il y a aussi une moindre consommation d'eau au premier arrosage en semis direct mais ce n'est pas significatif sur l'irrigation totale sur le cycle du blé. Le coût d'implantation réduit par le semis direct a permis d'augmenter les revenus de la culture mais ces semis ont un prix nettement supérieur ce qui pose des problèmes d'adoption.

La méta-analyse de (Liao et al. 2021) sur le riz paddy et les pratiques vertueuses en vue du changement climatique concluent que le semis direct a réduit le potentiel de réchauffement climatique (-23%) par une diminution des émissions de méthane. Cependant la pratique du semis direct n'affecte pas de manière significative le rendement du riz, ni les émissions de protoxyde d'azote dans cette compilation d'études sur le riz.

2.2. Les recherches sur le continent Africain :

Pour le continent Africain et plus particulièrement en Zambie dans le district de Chisamba, une étude a été menée sur des sols argileux fertiles brun rougeâtre (Acrisols). Ces sols sont érodables, acides et déficients en éléments nutritifs en raison de processus d'altération prolongés. Cette région connaît des sécheresses récurrentes et des régimes de précipitations imprévisibles (600 à 1200 mm annuel). Dans un système maïs / soja, (Omulo et al. 2022) ont obtenu une population de plantes semblable au stade germination et à maturité entre les différentes implantations en condition sèches et en condition humide. Très peu de différences physiologiques sont observées sur le maïs en culture alors que le soja a produit plus de gousses dans la modalité de travail du sol. Lors de la première saison (2020) plus sèche, le semis direct a eu un meilleur rendement en soja que les traitements de travail du sol conventionnels. Cependant, pendant la saison (2021) plus humide, il n'y a pas eu de différences significatives. Le contraire a été observé en maïs avec une première sans différence significative sur le rendement, et une deuxième où les maïs en travail conventionnel ont plus produit que le semis direct. Le temps cumulé pour toutes les opérations agronomiques, à l'exception de la récolte du maïs et du soja, était significativement plus faible en semis direct car le travail du sol est supprimé donc l'économie de carburant était aussi significative pour les deux cultures. La marge brute du maïs était dépendante de la saison climatique (pluviométrie). Malgré les charges plus faibles du semis direct de maïs, l'augmentation importante du rendement lors de la deuxième saison a compensé les surplus de charges en travail du sol. En ce qui concerne le soja, les modalités semis direct ont eu les meilleures marges brutes quelle que soit l'année.

En Égypte sur la station de recherche en agriculture d'Itay El- Baroud cette fois-ci, (A. Mourad et I. Nawar 2020) n'ont obtenu aucun effet significatif sur la date de floraison, le diamètre de la tige, le diamètre de la tête du tournesol et le taux d'huile des gaines au cours des deux saisons d'étude. Par contre la taille des plantes, le poids de milles grains, le nombre de grains par plantes, la surface foliaires, l'indice de récolte et le rendement est en faveur des modalités travail du sol face au semis direct. De même le rendement en huile est en faveur de la partie en travail sol grâce à la meilleure productivité en grain. Particularité à noter de cette étude, les parcelles sont irriguées et fertilisées pour répondre au besoin du tournesol car ces variables sont aussi étudiées. Une explication donnée à la suite de ces résultats dit que « la réduction de la résistance de pénétration du sol aux racines a permis la propagation d'un grand système racinaire qui conduit à une forte croissance végétative » pour la partie en travail du sol conventionnel.

2.3. Les recherches sur le continent Américain :

Pour le continent américain dans l'état de Sao Paulo au Brésil sur un Acrisol de texture sablo-limoneuse, (Silva et al. 2020) ont observé une augmentation des rendements en utilisant le semis direct sur les cultures estivales de soja et sorgho et sur l'interculture hivernal de maïs par rapport au travail du sol conventionnel dans leur condition expérimentale. Le climat régional est classé comme climat de savane tropicale avec des hivers secs avec des possibilités d'avoir d'énorme précipitation en peu de temps. Dans l'expérimentation les stocks d'azote total du sol et d'azote inorganique ont été augmentés grâce au semis direct et aux couverts végétaux d'interculture. Cependant l'utilisation de trop de graminées dans ce type de sol peut assécher les sols et limiter le potentiel de rendement des cultures suivantes surtout en travail du sol conventionnel.

Ensuite Au Kentucky dans la ferme expérimentale de Lexington avec un sol de « Bluegrass-Maury » de texture sablo-limoneux et une pluviométrie annuelle de 1088 mm (Pecci Canisares et al. 2021) ont démontré que le semis direct à long terme augmente la minéralisation de l'azote du sol et le rendement du maïs par rapport au travail du sol (labour). Dans cet essai système mené depuis les années 70, le semis direct et le labour sont testés avec l'utilisation de couverts hivernaux de céréales à paille. L'azote total augmente avec le temps dans le sol dans les premiers centimètres du sol et ceux en gardant une quantité d'azote inorganique assez constante donc la matière organique augmente. De plus la dynamique de minéralisation est modifiée dans le sol en semis direct. Ces sols connaissent une augmentation de la minéralisation en avançant dans la saison alors que le travail conventionnel a un pic après le travail du sol et décline tout au long de la saison. Cependant l'étude conclu que le rendement maximal est atteint pour le même niveau d'azote entre les systèmes travail du sol ou non mais que celui du semis direct est 12% supérieur dans l'étude grâce à une meilleur efficience de l'azote apporté.

Dans ce même état, (Huang et al. 2022) ont travaillé sur des simulations de la culture de soja et de maïs à l'échelle de l'état du Kentucky pour montrer les avantages du semis direct afin de réduire les émissions de CO₂ du sol et les émissions de NO₂ par rapport au travail du sol conventionnel. De plus le stock de carbone organique augmente à long terme en semis direct. Les rendements obtenus de soja et de maïs avec le semis direct n'étaient pas significativement différents de ceux avec travail du sol mais les cultures étaient menées sans restriction du régime hydrique et minéral. L'analyse plus approfondie a suggéré que la température de l'air et la teneur en argile du sol étaient les deux principaux facteurs influant sur les avantages du semis direct dans la réduction des émissions de Gaz à Effets de Serre (GES). L'augmentation de la température diminue les avantages de l'atténuation des émissions de GES, tandis que les sols à forte teneur en argile ont moins d'émissions de NO₂ sous semis direct.

2.4. Les recherches sur le continent Européen :

Sur le continent européen, dans la région roumaine de la plaine du Danube orientale une étude a été menée sur un sol cambic chernozem donc de texture argileuse avec 2,2% de matière organique. Les précipitations annuelles sont d'environ 600 mm dont 420 mm d'octobre à Juin pendant le cycle des céréales à paille (blé d'hiver et triticale). (Cociu. 2019) ne démontre pas toutes les années de différence significative sur le rendement entre le sol travaillé et le semis direct mais globalement le sol travaillé a eu un rendement légèrement supérieur pour ces 2 céréales à pailles lors des 6 années d'études. Le précédent de culture (maïs ou soja) n'a pas eu d'impact dans cette étude. Par contre lors des fortes pluviométries la modalité travail du sol prend largement l'avantage sur le semis direct.

En Espagne sur la ferme expérimental La Higuera à Tolède sur un sol Calcic Haploxeralfs (argilo-calcaire) de texture limono-sableuse en surface et limono-argileux en profondeur, (López-Fando et Almendros 1995) n'ont pas observé de différence significative sur le rendement en fonction du travail du sol dans cette région semi-aride (400 mm annuelle). Le rendement des cultures (orge et tournesol) dépendait fortement des conditions environnementales (température et précipitations). Cependant, par rapport au travail du sol conventionnel, le non-labour a favorisé l'accumulation en surface du carbone organique du sol ainsi que du phosphore et du potassium disponibles dans les 10 premiers centimètres de sol. Le travail du sol a quant à lui eu tendance à déstocker du carbone organique durant la durée de l'essai à cause du renforcement de la minéralisation. Les résultats suggèrent que le non-

labour peut conduire à une amélioration progressive de l'état des éléments nutritifs du sol, mais a peu ou pas d'effet sur les paramètres des cultures quand les conditions climatiques sont limitantes. L'étude conclut sur le fait que les effets variables et souvent néfastes du semis direct signalés dans les agrosystèmes méditerranéens peuvent être contrôlés avec succès par des rotations de cultures appropriées.

Pour continuer, une autre expérimentation a été réalisée en l'Espagne sur la ferme expérimentale de La Hampa à Séville avec un Entisol de texture sablo-argileux limoneux. La pluviométrie de ce lieu est typique du climat méditerranéen avec 484 mm annuel et un gros ensoleillement. Dans la rotation blé d'hiver, tournesol et pois, (López-Garrido et al. 2014) ont montré quelques améliorations chimiques : légères augmentations du carbone organique du sol, azote, phosphore et potassium à la surface du sol grâce à l'amélioration de la capacité d'échange cationique (CEC) des sols due à l'accumulation de matières organiques. De plus, au point de vue biochimique, des augmentations des activités de la déshydrogénase et de la β -glucosidase dérivées du semis direct ont été observées. Cependant le semis direct a considérablement aggravé les conditions physiques du sol après cinq ans d'implantation de cette rotation de culture. Cette détérioration s'est principalement traduite par l'augmentation de la résistance à la pénétration au moment de la levée des plantules. Ce qui a contribué à fortement étaler la levée pour le tournesol même si l'humidité du sol était meilleure lors du semis en direct et la densité de plantes s'en est trouvée affectée (plus faible). Malheureusement celle-ci a eu des répercussions sur le rendement en grain et en huile de la culture de tournesol avec peu de semences et un moins bon taux en huile pour une qualité organoleptique équivalente au travail conventionnel.

En Italie en milieu méditerranéen semi-aride (585mm annuel avec une saison sèche de Mai à Septembre) à la ferme expérimentale de l'université de Palerme sur sol Chromic Haploxerert de texture sablo-argileux, (Badagliacca et al. 2018) ont expérimenté la féverole en semis direct sans inoculation des semences. L'absence de travail du sol, par rapport au travail conventionnel, a augmenté de manière significative le rendement en grains de la féverole de 23 % et l'azote total dans le sol. Les gènes *16S*, *amoA* et *nosZ* ont été suivis grâce à des extractions d'ADN pour dénombrer la population bactérienne dénitrifiante du sol et celle-ci s'est retrouvée fortement augmentée en semis direct surtout dans le premier horizon. En conséquence, les émissions de NO_2 étaient plus élevées dans les parcelles avec cette pratique. La biomasse végétale n'a pas eu de différence significative entre les différents travaux du sol. Dans l'essai la densité apparente a été augmentée par le semis direct comme le stockage de carbone et d'eau dans les premiers centimètres du sol (0-15 cm). L'une des explications est que le semis direct évite la dégradation des macro-agrégats du sol et favorise donc la formation de micro-agrégats du sol enrichis en carbone qui protègent physiquement la matière organique du sol contre la dégradation. La conclusion nous dit que la meilleure rétention en eau favorise généralement le rendement de la féverole en semis direct mais celui-ci peut-être équivalent au sol travaillé quand l'eau n'est pas un facteur limitant. De plus il constate un salissement un peu plus important après de nombreuses années de semis direct.

Dans le sud-est de la France en climat méditerranéen (Khaledian, Mailhol, et Ruelle 2014) ont étudié le comportement du blé dur et du maïs avec travail du sol ou en semis direct. Les résultats montrent que la production agricole est sensiblement la même dans le système de travail du sol conventionnel ou semis direct. Cependant la durée du travail et les besoins énergétiques sont très nettement inférieurs (supérieur à -80 %) dans le système en semis direct. Ces résultats montrent que le semis est une alternative pertinente en termes d'avantages économiques et environnementaux.

Cette même équipe (Khaledian, Mailhol, et Ruelle 2012) a travaillé sur le site expérimental de Lavalette à Montpellier sur le Blé dur sur un sol de texture limoneux et l'autre sablo-argileux limoneux. Le site bénéficie de 823 mm d'eau annuellement. Durant les 2 années de l'essai le climat a été sec, et les rendements et populations de blé dur ont toujours été inférieurs en semis direct. Le semis dans les résidus de culture avait entraîné un mauvais placement des graines en semis direct. De plus le développement racinaire a été inférieur donc a limité l'accès à l'eau de la plante. Malgré tout cette expérimentation prouve que le temps de travail, la consommation de fuel et l'énergie consommée sont largement inférieurs pour le semis direct que ce soit pour la préparation du semis ou le cycle en général.

2.5.Des méta-analyse à l'échelle mondiale pour observer les Gaz à Effet de Serre :

La méta-analyse réalisée par (Shakoor et al. 2021) sur une cinquantaine de publications ne montre pas de différence significative dans le rendement entre le travail conventionnel et le semis direct car l'intervalle de confiance à 95 % coupe le 0. Cependant les effets sur les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) sont nettement en défaveur du semis direct, avec des hausses d'émissions de méthane observées dans tous les types de sol. Pour le CO₂ et le NO₂ les résultats sont plus variables en fonction des textures mais la tendance générale est en défaveur du semis direct. En revanche, le semis direct a causé jusqu'à 7,6% de baisse du potentiel de réchauffement climatique sur le long terme. Les résultats de cette méta-analyse fournissent à la fois un soutien et une mise en garde pour adopter ce procédé de semis. Les pratiques de gestion agricole comme l'épandage d'azote minéral, le type de culture et la gestion de l'eau doivent permettre d'atténuer les émissions de GES sans réduire le rendement des cultures en semis direct quand elles sont optimisées.

La méta-analyse réalisée par (Huang et al. 2018) synthétise énormément des résultats observés dans les articles cités. Ils ont observé que par rapport au travail du sol conventionnel, le semis direct a réduit les émissions de GES et augmenté le rendement des cultures dans les climats secs, mais pas humides. Il y a aussi un effet du semis direct comme réducteur du potentiel de réchauffement planétaire dans les sols acides. Cependant les libérations de NO₂ sont toujours supérieures en semis direct face au travail conventionnel. Sur le CO₂ et le CH₄ le bilan est plutôt positif mais dépend énormément du milieu pédoclimatique et des conduites de cultures. Cette synthèse suggère que le semis direct est une pratique de gestion efficace d'atténuation du changement climatique et d'amélioration du rendement des cultures. Cependant, l'effet net de la pratique a été influencé par plusieurs facteurs environnementaux et agronomiques (conditions climatiques, durée du travail du sol, texture du sol, pH, espèces cultivées). Par conséquent, le cadre agroécologique doit être pris en considération lors de la réalisation d'une évaluation comparative des différentes pratiques de travail du sol. Le semis direct ne peut pas réduire les trois émissions de GES simultanément par contre il existe certaines preuves d'une réduction du potentiel de réchauffement globale.

Ces deux méta-analyses sont assez d'accord sur le fait que le rendement est au minimum égal voir meilleur par la pratique du semis direct et que cette technique peut permettre de diminuer le potentiel de réchauffement climatique induit par l'implantation des cultures. Les facteurs environnementaux et agronomiques et les pratiques agricoles en ressortent prépondérants dans la compréhension des résultats.

2.6. La synthèse de la littérature

Suite à cette revue de la littérature scientifique, on s'aperçoit que les résultats sur le pratique du semis direct sont souvent issus de régions arides ou semi-arides, ce qui impacte grandement les résultats. Il y a une tendance à l'amélioration des rendements dans ces zones plutôt sèches (stress hydrique) où l'accumulation de matière organique, le stockage de l'eau et l'efficacité de l'eau sont importantes. Cependant ce résultat se maintient, s'efface ou s'inverse en faveur du travail du sol conventionnel lors de conditions hydriques normales ou favorables au développement des cultures.

L'intégralité des études économiques et environnementales sont d'accord sur le point que le semis direct permet une économie de temps et d'agent mais aussi que cette pratique est vertueuse au niveau des émissions globales de GES dans l'atmosphère. Le semis direct est une pratique de gestion efficace d'atténuation du changement climatique cependant ces vertus sont sensibles à certains paramètres pédoclimatiques.

Certaines études mettent en avant des risques à la pratique du semis direct comme la difficulté d'enracinement des cultures, le mauvais placement des semences, le retard de développement ou encore la compaction des sols limitant la germination des semences. Ces limites ne sont présentes que dans certains articles et font état des choses à surveiller pendant le cycle pour la réussite des cultures. De plus peu ou pas d'études ne font état de différences significatives du végétal en culture ce qui est important pour les notations à prévoir pour diagnostiquer un problème.

Ces études sont surtout mondiales car la France ne dispose que de très peu de ressources sur le semis direct en lien avec la production et la variable de rendement qui est très importante pour les agriculteurs car c'est là où se trouve leurs revenus. Celle-ci s'intéresse généralement au stockage du carbone organique dans le sol qui est un point clé que je ne pourrai pas étudier dans cette étude. Cependant cette revue de la littérature scientifique a mis en avant l'importance de traiter l'impact du semis direct avec le pédoclimat local et une diversité de cultures.

3. La Méthodologie générale :

Afin de conduire cette étude et pour le bon déroulement du projet, nous avons séparé la réalisation en deux phases. Premièrement nous réaliserons des essais systèmes en plein champ dans les parcelles d'agriculteurs volontaires. L'étude cherche à prendre en compte la diversité de cultures réalisables sur le département. Elle se sépare donc entre une partie sur les céréales d'hiver comme l'orge, le blé ou le triticale, et une autre partie au printemps avec comme culture support le maïs, le tournesol ou le soja. Dans un second temps, nous réaliserons l'analyse des coûts d'implantations des cultures mis en place dans le cadre des essais.

3.1. La mise en place d'essais plein champs :

Pour des raisons de praticités et de possibilité de suivi des essais le choix des parcelles a été réalisé au sein du groupe d'agriculteurs membres du GIEE de la chambre d'agriculture. Cependant des contraintes ont été imposées pour avoir une diversité de territoires représentés (impossibilité d'avoir plusieurs parcelles dans le même territoire) et les précédents de cultures ont été sélectionnés. L'objectif d'avoir présélectionné des précédents était d'avoir les intercultures les plus courtes possibles et de maximiser la couverture du sol pour respecter les principes de l'agriculture de conservations.

3.1.1. L'essai d'automne :

Les choix des 3 parcelles de semis d'automne ont été réalisés au cours du mois d'août 2021. Les précédents recherchés étaient le maïs ou le tournesol car très peu d'agriculteurs ne réalise de couverts végétaux d'été et ces deux cultures permettaient les intercultures nues les plus courtes. La récolte du précédent était en septembre ou début octobre pour un semis envisagé fin octobre.

Au final 3 parcelles allant de l'est sur la commune de Vaïssac, au centre sur la commune de Puycornet et à l'ouest sur la commune de Roquecor ont été choisies pour implanter des céréales à pailles. Les précédents étaient respectivement du tournesol, du maïs ensilage et du tournesol semences.

Suite à des contraintes de disponibilité de matériel et de dégradation de la structure du sol par la récolte, nous avons perdu la parcelle de Roquecor semée avec un matériel inadapté et la parcelle de Vaïssac repris avec un travail du sol profond suite à l'enlisement de la moissonneuse-batteuse. Ces événements arrivant au moment du semis nous n'avons pas pu compenser le manque de parcelles.

3.1.2. L'essai de printemps

Les choix des 3 parcelles de semis de printemps ont été réalisés pendant l'hiver 2022. L'unique précédent recherché était un couvert végétal d'hiver pour protéger le sol pendant l'interculture. Cette contrainte a été très compliquée à répondre car très peu d'agriculteurs ont réalisé de couverts végétaux dans le GIEE lors de l'hiver 2021-2022 en raison de contraintes météorologiques. Cette volonté de couverture du sol était autant pour répondre au principe de l'agriculture de conservation que de pouvoir tester les semoirs dans un couvert ce qui questionnait à l'intérieur du groupe d'agriculteurs.

Tant bien que mal 3 parcelles allant du sud sur la commune de Larrazet, au sud-ouest sur la commune de Marsac et au nord sur la commune de Molières ont été choisies pour implanter des cultures de printemps. Les trois cultures à implanter étaient respectivement du tournesol, du soja et du maïs.

Cet essai a aussi été amoindri de 2 parcelles, celle de Molières par un manque de compensation financière versé à l'agriculteur pour effectuer l'essai, et l'autre à Marsac par une mauvaise communication dans le GAEC qui devait nous prêter la parcelle ce qui a entraîné un décompactage une semaine avant le semis prévu. Le manque de couvert végétaux implantés durant l'hiver n'a pas permis de s'adapter malgré la possibilité de trouver du matériel sur les différents secteurs.

3.1.3. Les semis des essais :

L'implantations et la géométrie des essais est semblable pour les 2 parcelles, qu'il s'agisse de semis de printemps ou d'automne. Le sens de semis est le même que celui de l'agriculteur dans sa parcelle donc généralement dans la longueur ce qui répondait généralement très bien à l'hétérogénéité de terrain liées à la pente. Les parcelles sont séparées en planches ou zones pour faciliter l'expérimentation de plusieurs pratiques avec du matériel agricole de grandes largeurs. Surtout que l'une de nos parcelles a été implantée lors d'une journée de démonstrations de matériel agricole présentés par des concessionnaires locaux. Le plan de l'essai, où sont expérimentées les différentes pratiques, est d'au minimum :

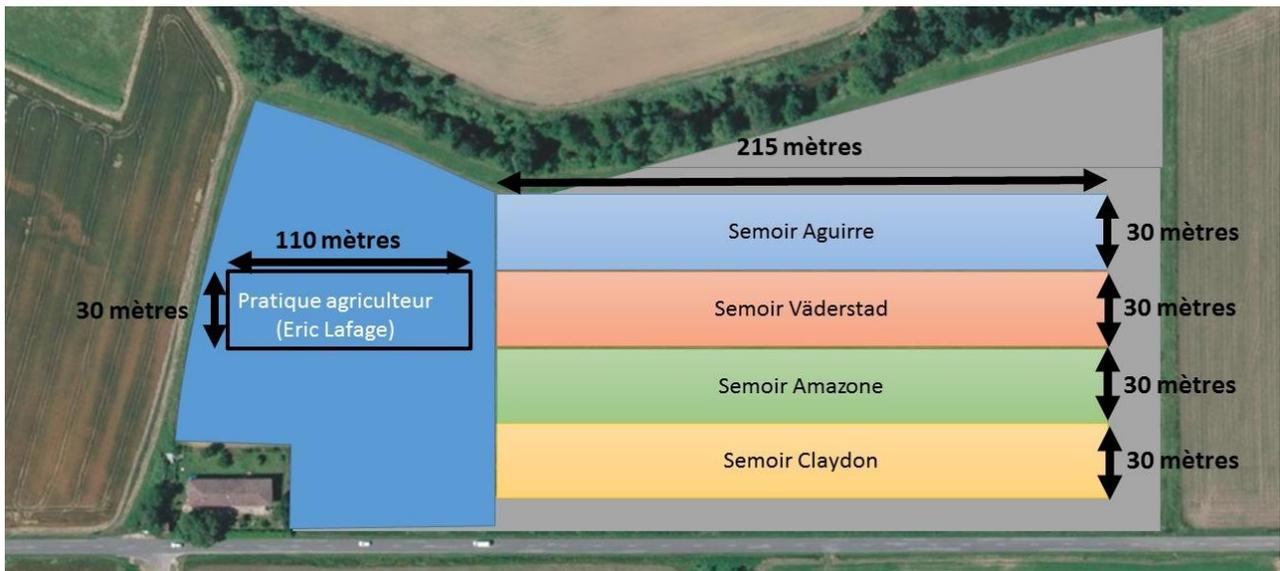
- Une planche témoin avec la préparation de sol et de semis de l'agriculteur.
- Une planche implantée au semoir Semis direct.

Le nombres de planches en semis direct pouvait être augmenté pour tester différents semoirs dans les conditions locales ce qui était quelque chose de très demandé par le réseau CUMA d'éprouver les semoirs au travail.

Des planches avec l'utilisation de strip-till étaient souhaité avant le semis pour les cultures de printemps. Mais l'indisponibilité de ce type d'outils dans le réseau de revendeur et dans le parc CUMA du département a dû contraindre au retrait de cette modalité.

Le choix de séparer les parcelles en planches est réalisé pour la praticité d'implantation pour l'agriculteur mais elle aussi réfléchi pour la récolte des essais que nous ferons avec le matériel disponible localement. Le travail avec des outils de largeurs différentes a été gommé par le choix des bonnes largeurs des planches pour avoir des modalités comparables. Cependant la conduite en planche permet de simplifier l'implantation mais la conséquence sera une moins bonne représentation statistiques comparé au modèle split-plot ou bloc randomisé utilisé dans les études longs terme en semis direct. Les itinéraires techniques après l'implantation seront exactement les mêmes quelles que soient les modalités. Il ne faut pas introduire des biais vis-à-vis des pratiques de fertilisation ou de protection des cultures jusqu'à la récolte. Les choix de fertilisation et de protections des cultures seront réalisés par les agriculteurs pour mener leurs cultures à terme. Notre variable à étudier est la conduite du semis via l'agriculture de conservation et le reste doit être une constante pour chaque parcelle de l'étude ce qui est commun à toutes les études de ce type.

Figure 2: Le plan de la parcelle de Puycornet :



Source : personnelle

Cette parcelle de type argilo-calcaire de 6 ha a été séparé en 2 zones pour faciliter le semis lors de la journée de démonstration du 27 Octobre 2021 où 3 semoirs directs et un semoir TSC (Aguirre) ont été utilisés. Ceux-ci ont semés chacun une planche de 215 mètres par 30 mètres soit 0,645 ha. La densité de semis était de 170 kg/ha avec de la semence fermière de triticales. La densité de semis est assez supérieure aux recommandations d'Arvalis pour le secteur mais la date de semis est conforme aux recommandations. (ARVALIS - Institut du végétal 2021) Les zones grisées correspondent aux bordures semées mais non comprises dans la partie essai.

L'agriculteur avait quant à lui toute la partie en bleue à implanter avec la préparation de sol qu'il opère généralement. La préparation a été un déchaumage à dents sur une profondeur de 15-20 cm et un semis au combiné herse rotative/ semoir. Une planche a été découpée ultérieurement pour la récolte de l'essai et les notations.

Figure 3: Le plan des parcelles de Larrazet :



Source : personnelle

Chez cet agriculteur le travail de sol a été banni depuis plusieurs années mais la compaction de son sol et des ornieres l'a obligé à reprendre le travail du sol sur la parcelle jaune qui sera notre témoin. La parcelle jaune fait 3 ha et la parcelle bleue fait 5 ha. On est sur des terres dites de boubènes avec des taux de matières organiques assez faibles de l'ordre de 1 %. La couverture d'inter-cultures de ces parcelles était composée de féveroles, de pois et de triticales. Le semis de tournesol a été réalisé le 30 Avril 2022 sur les 2 parcelles avec une densité autour de 83 000 graines hectares.

La parcelle bleue a été faite en semis direct avec le semoir monograine de l'agriculteur équipé de chasse débris et de dents ouvreuses pour le semis dans une masse végétale.

La parcelle Jaune a été semée avec le même semoir sans les modifications nécessaires au semis en direct mais après un décompactage, deux déchaumages à disques et 2 reprises à la herse rotative qui ont fait de la terre fine et éliminé les résidus du couvert végétal en surface.

3.2.La collecte des données issus des essais aux champs :

Afin de pouvoir collecter et analyser les résultats, il a été choisi de prendre 3 parcelles pour les céréales d'hiver et 3 autres pour les cultures de printemps. Ce choix se justifie surtout en termes de moyens humains disponibles pour cette expérimentation tout en essayant d'avoir une objectivité de nos résultats sur le terrain. Le suivi des cultures est réalisé conjointement entre la chambre d'agriculture et la FD CUMA 82. Les indicateurs retenus sont principalement les composantes de rendement des cultures et leurs stades développements. Le rendement est souvent l'indicateur clé de la réussite ou non de ces pratiques chez les agriculteurs donc il est un élément incontournable de cette étude. Les moyens humains sont limités dans les 2 structures donc il ne faut prendre que les indicateurs les plus pertinents au regard du but espéré.

3.2.1. Les notations de l'essai d'automne :

La première notation sera un comptage de population sortie d'hiver afin d'avoir un nombre de pieds au m². Il se fera en quatre points par planche sur la diagonale en prenant soin de ne pas se mettre sur les bordures. Ce facteur pourra nous servir à faire un ratio entre la densité de semis et les populations ayant passé l'hiver. De plus, il aura un rôle crucial dans la compréhension des composantes de rendements.

La deuxième notation sera le comptage du nombre d'épis au m² et de la hauteur des épis lors du mois de juin qui est une des composantes du rendement des céréales à paille d'hiver. La variété et la conduite culturale étant commune au sein d'une parcelle, nous pourrions entrevoir un effet de notre facteur étudié. Le protocole est le même que précédemment avec 4 relevés par planche.

La troisième phase sera la récolte des différentes planches par la moissonneuse-batteuse utilisée par l'agriculteur. Chaque planche est ramassée séparément puis vidée tour à tour dans les bennes. Les rendements bruts sont réalisés à la parcelle grâce à des pesons mobiles où les bennes de l'agriculteur sont posées. Les résultats sont d'une précision au kilogramme près et chaque planche est remesurée pour avoir les surfaces exactes. Des échantillons de grains (environ 200 g) sont pris dans chaque modalité et sont analysés au silo le plus proche pour avoir l'humidité du grain et son poids spécifique

(PS). Cela permettra de calculer le rendement net et d'avoir un ordre d'idée du poids du grain qui est un critère de qualité à la revente.

Enfin à posteriori, une analyse d'image satellite sera réalisée pour étudier le NDVI (normalized difference vegetation index) pour faire un bilan de la campagne de développement de la culture et suivre sa nutrition azoté pendant son cycle (Nowak 2021). Cet indicateur permet d'étudier « la différence entre la réflectance visible et proche infrarouge de la couverture végétale, et peut être utilisé pour estimer la densité de verdure sur une superficie de terrain » (Weier et Herring, 2000) .

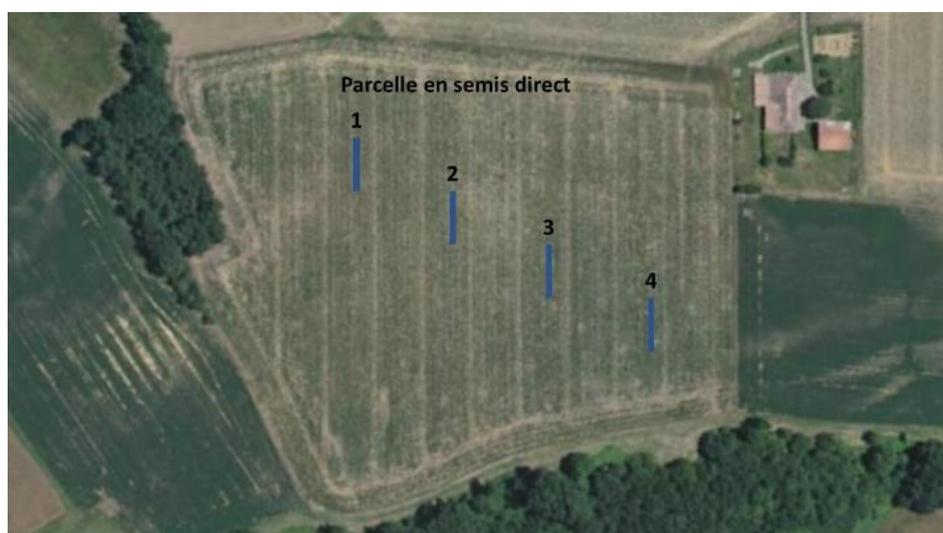
3.2.2. Les notations de l'essai de printemps :

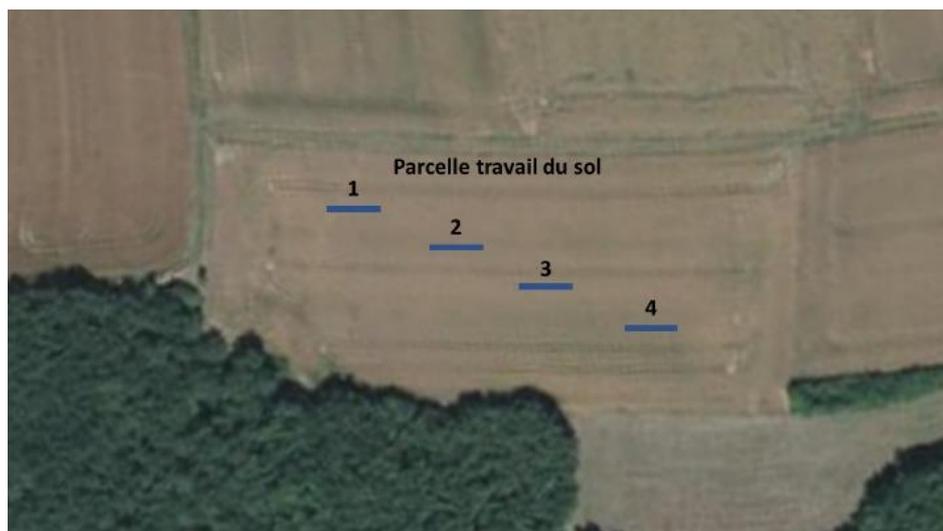
La première notation est celle de la germination. Chaque semaine un passage permet le comptage et la date de levé des plantules de tournesol. Celui-ci permet de suivre le nombre de levé et le temps de levé qui est un facteur clé de la réussite de la culture mais aussi la chance de survie aux attaques de prédateurs (palombes et corbeaux). Mais on pourra aussi suivre la différence entre les plantes existantes et la densité de semis de l'agriculteur. Cette notation se fait sur 4 placettes d'une ligne de 2 mètres linéaires placées après le semis en diagonales sur les parcelles pour permettre d'être sur plusieurs passages de semoir en évitant les bordures.

Les notations suivantes sont le suivie des stades du tournesol pendant la croissance de celui-ci. L'objectif est de voir si des différences de rythme de croissance s'observent entre les 2 modalités de semis. La notation est réalisée sur les mêmes placettes.

La récolte de la parcelle ne sera pas présente dans l'essai de printemps car celle-ci interviendra après la fin du projet mais elle pourra être envisagée dans la poursuite de ce projet.

Figure 4: Les placettes au sein des deux parcelles de Larrazet :





Source : personnelle

Dans la parcelle en semis direct, les placettes vont de 1 en haut de la pente du côté du petit bois à 4 du côté de la maison et du blé.

Dans la parcelle en travail du sol, les placettes vont de 1 (côté entrée et chemin) à 4 (côté forêt).

3.2.3. L'analyse statistique des données

Les jeux de données le permettant seront traités statistiquement par une analyse de variance de type ANOVA. La normalité des résidus et l'homogénéité des variances seront vérifiées par les tests de Shapiro et Bartlett. Une fois les conditions d'applications de l'ANOVA vérifiées, le test de comparaison multiple de Tukey sera réalisé pour comparer deux à deux les moyennes et effectuer un classement.

3.3. L'analyse des coûts d'implantations des différents itinéraires techniques :

La seconde partie est une analyse des charges de mécanisation liées aux différents modes de préparations des semis de nos parcelles. De nos jours les charges de mécanisations représentent environ 30 % des charges globales d'une exploitation d'après les chiffres du réseau CUMA. Ce poids important a un rôle majeur pour la recherche du meilleur compromis pour produire les différentes cultures. Afin de préserver les meilleurs marges, les agriculteurs essayent de modifier les itinéraires techniques et cette partie cherche à analyser les résultats économiques de ces choix.

3.3.1. La récolte des pratiques des agriculteurs volontaires :

Chaque agriculteur impliqué dans le projet par la mise à disposition d'une parcelle a du noter tous les passages d'outils entre la récolte de la culture précédente et le semis de la culture de l'essai. La consommation de carburant était le plus possible suivis par les agriculteurs sinon elle sera estimée par la suite. Lors du semis ou juste après tout ces éléments ont été collectés pour la suite du projet.

3.3.2. Le calcul des prix de revient des outils neuf et à l'estimation des autres :

Les réseaux CUMA travaillent énormément sur les prix de revient des outils agricoles français. Ceux-ci sont composés des charges fixe (amortissements comptables, assurances et frais de remisage) et des charges variables (entretiens, réparations, carburants / lubrifiants et consommables).

Les coûts de tractions hectares seront issus du Guide de Prix de Revient Sud-Ouest 2022 (GPR 2022) (Fédération Régionale des CUMA Occitanie / Nouvelle-Aquitaine 2022) et la consommation sera issus du Barème d'entraide Auvergne Rhône Alpes / Bourgogne-Franche-Comté (Fédération Régionale des CUMA Auvergne Rhône Alpes / Bourgogne-Franche-Comté 2021). La consommation de carburant sera analysée outils par outils car celle-ci diffère avec l'effort de traction du tracteur.

Pour les machines neuves, nous établirons le prix de revient avec les modalités de calculs utilisés dans le Sud-Ouest pour la durée d'amortissement (linéaire), la surface d'utilisation annuelle et les charges variables. Les débits de chantiers seront estimés en prenant en compte la vitesse et la largeur de l'outils (détails des calculs dans l'annexe 1).

Pour les machines d'occasions, nous prendrons les données du réseau CUMA issus du GPR 2022. Cela concerne essentiellement les outils de travail du sol qui sont souvent âgés dans le parc matériel des agriculteurs. Les débits de chantier seront issus du barème d'entraide pour ces outils.

Nos résultats ne seront donc pas les chiffres réels de ces agriculteurs mais ils seront une estimation de la réalité avec l'utilisation des prix actualisés des outils pour gommer l'énorme inflation des prix du matériel agricole.

3.3.3. L'analyse du coût de revient de chaque itinéraire technique :

Les modalités semis direct pourront être comparées à la modalité travail du sol même si le résultat semble connu par avance. Cependant, un ratio plus poussé du prix d'implantation du triticale sur le revenu issu du rendement récolté sera réalisé. Puis dans un second temps, le coût d'implantation sera déduit du revenu afin d'avoir une vision plus globale de la culture sans finalité productiviste et en cherchant une rationalité économique.

4. Les résultats des expérimentations :

4.1. L'essai sur le triticales d'automne :

4.1.1. Les populations de triticales sortie d'hiver :

Un premier passage sur la parcelle de Puycornet le 13 Janvier 2022 n'a pas permis de faire la notation de population du triticales. L'essai était partiellement sous l'eau suite à une forte pluviométrie tombée sur le secteur début janvier qui a fait sortir le Lemboulas (cours d'eau bordant la parcelle) de son lit. Le haut de la parcelle côté route n'a pas été touché mais le bas a été sous l'eau plus ou moins longtemps. Une zone d'eau stagnante s'est formée sur la parcelle comme le montre la photo ci-dessous.

Figure 5: Photo de la parcelle de Puycornet le 13 Janvier 2022 :



Source : personnelle

Cette zone s'étalait sur les deux planches de semis proches du cours d'eau (Väderstad et Aguirre) couvrait environ un quart d'hectare qui a été repérés à ce moment-là. L'eau affleurait globalement sur les trois quarts de la parcelle.

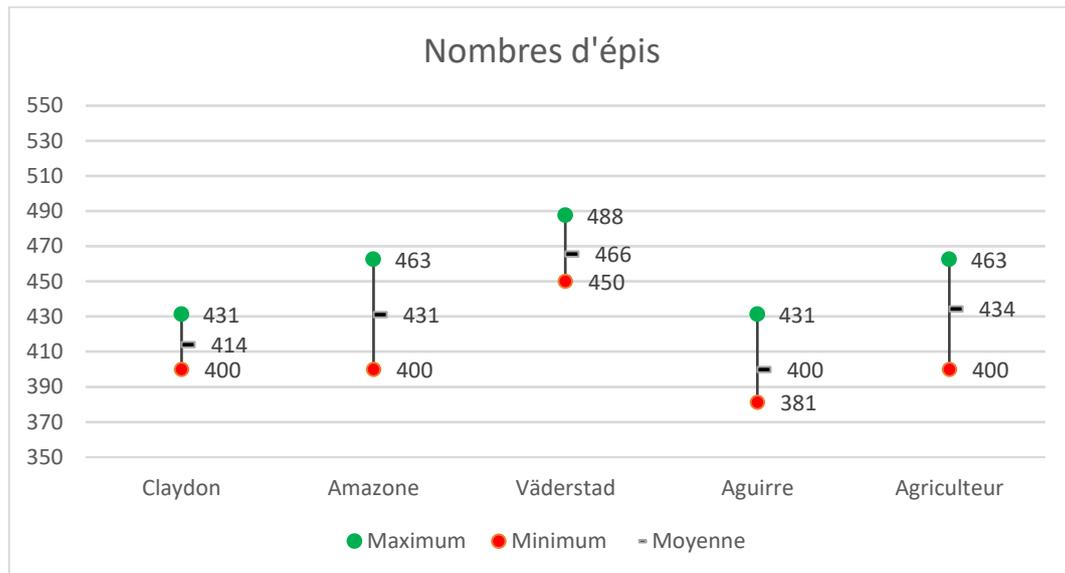
Le retour le 24 février pour effectuer cette notation n'a pas été plus probant, la parcelle souffrait encore d'eau affleurant la surface du sol. Suite à un échange avec l'agriculteur nous nous sommes rendu compte que le drainage de la parcelle réalisé plus de 20 ans plutôt était partiellement bouché. L'évacuation de l'eau et le ressuyage dans cette parcelle à 38% d'argile prenait plus de temps qu'à l'habitude et pénalisait la partie basse où l'eau restait peu profonde. Le choix d'attendre a été fait car la zone précédemment inondée souffrait d'asphyxie et nous avions peur de la perte de plant de triticales.

La chambre d'agriculture n'ayant pas pu venir effectuer la notation plus tardivement pendant mes périodes d'école, nous avons perdu les résultats de cette notation mais gagné en compréhension et construction de nos prochains résultats.

4.1.2. Les comptages d'épis et hauteur de plante :

Les hauteurs d'insertion d'épis à l'intérieur des planches ont été très variables et ne décrivent que très peu le comportement du triticale, elles ne seront donc pas explicitées en détails. De manière générale les hauteurs de plantes ont été sur l'ensemble du cycle assez variables avec des intervalles d'environ 20 centimètres au sein d'une planche.

Figure 6: Les résultats du comptage d'épis du 29 Juin 2022 :



Source : personnelle

Les résultats du comptage d'épis ont été les premiers éléments importants pour le suivi des composantes de rendement. Celui-ci est assez homogène entre les semoirs directs et la pratique agriculteurs. La planche du semoir Väderstad a même tendance à avoir un peu plus d'épis que les autres planches malgré son cycle touché par l'inondation hivernale. La modalité du semoir Aguirre, elle aussi sous l'eau durant l'hiver est cependant la plus faible à ce moment-là malgré les notions en dehors de la partie inondée.

Globalement le nombre d'épis présent sur chaque modalité est dans les normes d'une culture de triticale dans le sud-ouest. Cependant la taille des épis était très variable visuellement et laissait entrevoir des différences qui seront tranchées par la récolte à la moissonneuses-batteuses 2 semaines plus tard.

Au niveau statistique une analyse de variance a été réalisé sur les résultats de cette notation. Les conditions d'application étant vérifiées pour réaliser une ANOVA. Ce test a révélé une différence significative (P value 0.00986). Suite au test de Tukey seulement deux différences significatives ont été révélées entre les semoirs Väderstad et Aguirre puis entre les semoirs Väderstad et Claydon. Aucun des semoirs directs n'a de différences significatives avec la pratique de l'agriculteur.

4.1.3. La récolte de l'essai le 12 Juillet 2022 :

Après observation de la parcelle durant le cycle et juste avant la récolte, la bande récoltée pour le semoir Aguirre a été réduite de 70 mètres de long afin de soustraire de l'essai une zone où le triticale est mort asphyxié sous l'eau et où des adventices se sont développés (en photo ci-dessous).

Figure 7: Photos de la zone sans triticale au 11 Mai et au 29 Juin :



Source : personnelle

Les résultats suivants ont été obtenus le 12 Juillet pendant la moisson se déroulant de 9h à 13h30.

Tableau 2: Résultats de la moisson l'essai de Puycornet :

Modalité	Surface récoltée (en m ²)	Rendement brut sur la modalité (en kg)	Rendement brut (en kg/ha)	Humidité (en %)	Poids spécifique (en kg/hl)	Rendement (en kg/ha à 15 % H°)	Rendement (en q/ha à 15 % H°)
Claydon	6450	3024	4688	11,6	66,5	4876	48,76
Amazonie	6450	3112	4825	11,5	66,6	5023	50,23
Väderstad	6450	2934	4549	11,3	64,3	4747	47,47
Aguirre	4350	1778	4087	10,7	65,7	4294	42,94
Agriculteur	2970	1335	4495	9,8	64,6	4770	47,70

Source : personnelle ; Chaque surface récoltée a été remesuré le jour de la récolte pour servir de bases aux conversions du calcul de rendement. Et chaque rendement a été rapporté à une humidité de 15% et à l'hectare pour pouvoir être comparable

Tout d'abord nous constatons que le degré d'humidité du grain a été décroissant tout au long des échantillons prélevés (dans l'ordre du tableau). Ainsi la modalité du semoir Claydon moissonnée en premier vers 9h30 contient le plus d'humidité dans son grain et la modalité agriculteur le moins. Cependant ces niveaux sont très faibles comparé à la norme de commercialisation à 15% d'humidité. La céréale était très mure et ne risquait pas de problème au stockage.

Concernant les poids spécifiques (P S) réalisées dans un silo localement, celui-ci est très faible. Normalement le PS du triticale est inférieur de 4 à 5 points en moyenne par rapport au blé, ce qui correspond aux écarts de réfaction pris en compte par les organismes stockeurs entre les 2 espèces

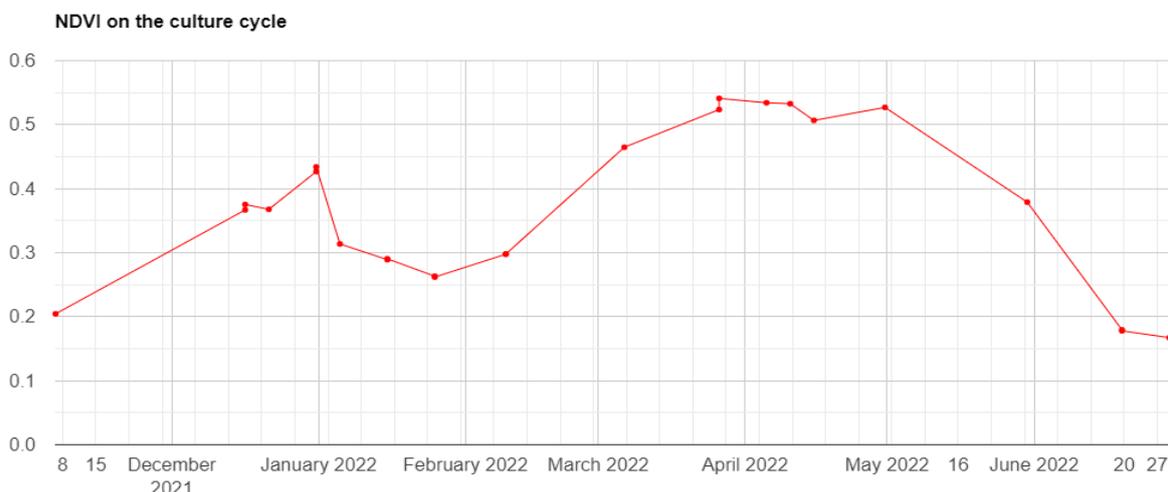
(ARVALIS - Institut du végétal 2021). Cependant la norme de commercialisation du blé tendre est à 76 kg/hl donc le triticale devrait être supérieur à 71 kg/hl. Nos valeurs sont bien en dessous de ce seuil et pose des questions sur la phase de remplissage des grains. Les deux modalités côté route avec les semoirs directs à dents sont supérieurs aux autres. Ensuite vient la modalité du semoir Aguirre et enfin les modalités de l'agriculteur et du semoir Väderstad ferment la marche.

Au niveau du rendement, les valeurs sont dans la moyenne haute de l'année 2022 à l'échelle départementale suivant les premiers résultats des chauffeurs du réseaux CUMA. La fertilisation autour des 100 unités d'azotes par hectare est proche des besoins réels ($42 \text{ q} \cdot 2,6 = 109,2 \text{ U/ha}$) mais n'a pas été surdosée. Le rendement confirme l'aspect visuel de la culture pour la modalité semée avec le semoir TCS Aguirre qui décroche 4,8 quintaux face à la modalité agriculteur. La modalité agriculteur est équivalente à quelques dizaines de kilogramme près avec la modalité semée avec le semoir Väderstad. Enfin les modalités semées avec les semoirs Claydon et Amazone s'en sorte très bien en réalisant respectivement 100 et 250 kilogrammes par hectare en plus comparé à la partie agriculteur.

Les résultats collectés lors de la récolte donne une tendance positive ou égale des semoirs direct dans les conditions de la saison 2021-2022. Ces semoirs ont au moins égalé le rendement et le P S du triticale implantés par l'agriculteur. Le semoir TSC ne donne pas de si bon rendement mais il a subi d'autant plus les assauts de climat du fait de la proximité du cours d'eau.

4.1.4. L'analyse du cycle triticale à posteriori :

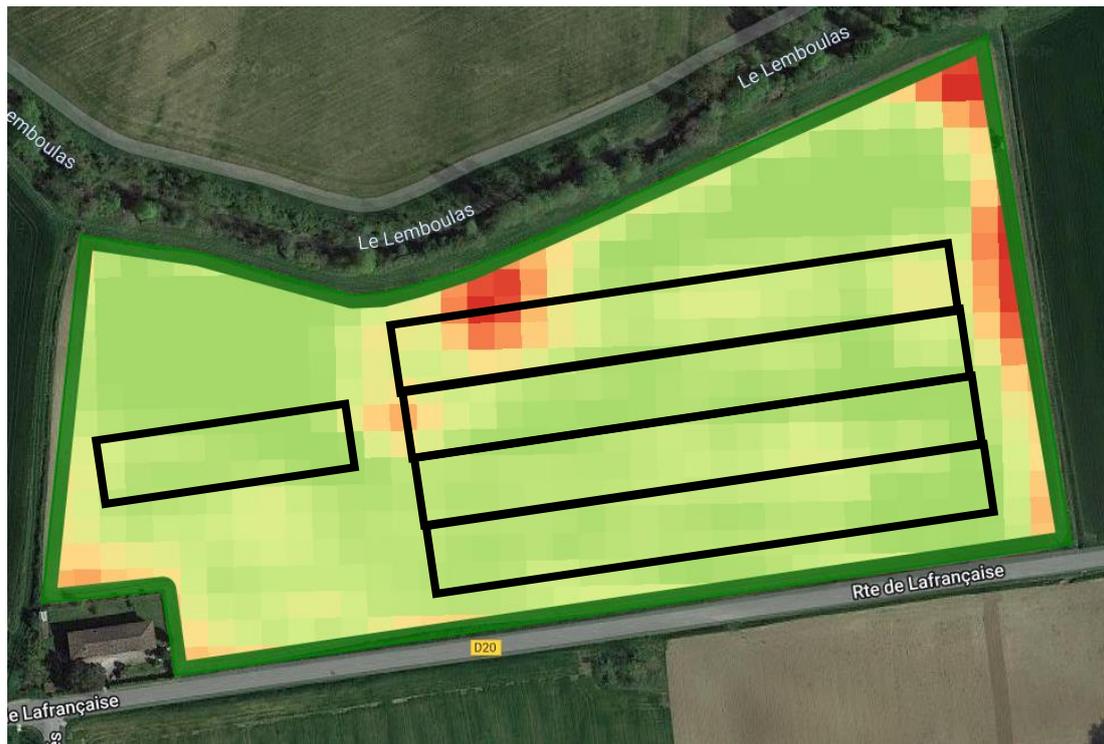
Figure 8: Graphique de la valeur de NDVI en fonction temps sur le cycle de culture du triticale :



Source : personnelle

Pour cette analyse nous avons déterminé le NDVI sur tout le cycle afin de déterminer la période de croissance du triticale repérable au satellite et permettant de discriminer les zones problématiques de la parcelle. Le choix a été fait de garder la plage du premier Février au premier Juin. Cette plage correspond à tout la montaison, épiaisons, floraisons du triticale et au début de ça sénescence. Grâce à l'utilisation de Google Earth Engine avec la constellation Sentinel 2, nous avons obtenu la carte NDVI suivante.

Figure 9: Carte NDVI du 1er Février au 1 Juin :



Source : <https://code.earthengine.google.com/>

Nous observons sur cette carte des zones un peu plus rouge sur cette parcelle, ces zones (à part à côté de la maison) sont celles où il n'y avait plus de triticale du fait de son asphyxie dans l'eau pendant la phase hivernale. Ces zones étaient clairement visibles pendant le cycle et ne sont pas réellement une surprise sur le développement du triticale. Ces zones sont surtout sur les contours de parcelles donc éliminées par le dispositif de l'essai.

Cependant la zone centrale proche du cours d'eau a fortement impacté la modalité semée par le semoir Aguirre ce qui justifie le retrait de 70 mètres de long pendant la récolte. Par contre on s'aperçoit d'une zone potentiellement touchée par un moins bon développement sur la modalité du semoir Väderstad en fin de planche qui n'avait pas été repérée en culture.

Le jour de la récolte une petite planche a été choisie dans la modalité agriculteur au bout de celle du semoir Väderstad. Deux raisons à ce choix, tout d'abord elle semblait le mieux représenter la pratique de l'agriculteur et la seconde est que la zone au bord du Lemboulas semblait anormalement verte foncée en culture et c'était couchée à la récolte. Cette zone est clairement identifiable sur l'image NDVI.

Plusieurs explications comme la texture plus argileuse ou le passé de prairie de ces morceaux rattachés plus tardivement à cette parcelle ont été avancés par l'agriculteur sans compter le recroisement du distributeur d'engrais dans cette pointe. Notre choix de récolter une planche plus haute s'est donc justifié pour outrepasser cette incertitude.

Enfin sur le reste de la parcelle on s'aperçoit globalement d'une bonne homogénéité qui n'est pas parfaite mais qui semble suffisante pour interpréter nos résultats. La parcelle de 6 ha étant l'héritage de 6 parcelles différentes sur le cadastre, les différences de NDVI ne subissent pas cette influence et se répartissent aléatoirement entre les modalités.

4.2. L'essai sur le Tournesol au printemps :

4.2.1. La levée du tournesol :

Le premier passage le 11 Mai 2022 soit 12 jours après le semis a permis de constater les premières levées dans la parcelle de tournesol travaillée mais aucun tournesol n'a été observé dans la parcelle en semis direct. Ce passage a permis de délimiter les placettes de notations sur les différentes planches des semis.

Figure 10: Photo des plantules de tournesol dans la parcelle travaillée au 11 Mai 2022 :



Source : personnelle

Les plantules pointant juste dans certaines modalités, nous avons attendu le passage suivant et la levée du tournesol en semis direct pour réaliser le premier comptage.

Le 17 Mai 2022 pointaient les premiers tournesols de la parcelle de semis direct. Ce jour-là le comptage et les stades étaient les suivants.

Tableau 3: Notations des parcelles de tournesol au 17 mai 2022 :

Parcelle en semis direct				Parcelle en travail du sol			
Placettes	Cotylédons	2 Feuilles	Total :	Placettes	Cotylédons	2 Feuilles	Total :
1	1		1	1		9	9
2	3		3	2	1	6	7
3	4		4	3		8	8
4	1		1	4		9	9

Source : personnelle

L'écart inter-graines sur la ligne de semis est 16 cm ce qui correspond à 6,25 graines au mètre linéaire.

Nos observations pouvant donc pas dépasser 12 sur nos placettes. On constate que les deux tiers des tournesols sont levés au 17 mai (2 semaines après le semis) dans la parcelle en travail du sol. La population rapportée à l'hectare est de 55 000 pieds ce qui est dans les normes de Terres Inovia (SAUSSE 2019) sur la population de tournesol. Par contre le tournesol semé en semis direct affiche

une faible levée avec maximum un tiers des graines sortie dans la placette 3 dont 2 attaqués par les palombes.

Ces premiers résultats indiquent déjà un retard d'au moins une semaine sur la levée entre le semis direct et la parcelle travaillée.

4.2.2. Le suivi de croissance du tournesol :

Le retour sur les parcelles pour la notation a été effectué le 25 Mai et donne les résultats suivants.

Tableau 4: Notations des parcelles de tournesol au 25 mai 2022 :

Parcelle en semis direct						
Placettes	Cotylédons	2 Feuilles	4 Feuilles	6 Feuilles	8 Feuilles	Total :
1			1			1
2						0
3	1	2	2			5
4		2				2
Parcelle en travail du sol						
Placettes	Cotylédons	2 Feuilles	4 Feuilles	6 Feuilles	8 Feuilles	Total :
1			2	5	2	9
2			3	2	2	7
3		1	6	1		8
4			7	2		9

Source : personnelle

Cette notation a permis de voir deux profils de plantes, celle en semis direct était chétive sur l'intégralité de la parcelle, et une population avec une bonne croissance sur l'autre parcelle. Ces résultats se retrouvent dans les populations et le stade des plantes.

Figure 11: Photo des plantules de tournesol dans la parcelle de semis direct au 25 Mai 2022 :



Source : personnelle

Dans la parcelle de semis direct nous avons perdu tous les plants de la placettes 2 et des levées ont été observées depuis la dernière notation dans 2 placettes. La croissance est de 2 à 4 feuilles pour les tournesols déjà présent précédemment. Dans l'autre parcelle en travail du sol les populations restent les mêmes sur les différentes placettes et la croissance est de 2 à 6 feuilles en 8 jours.

Tableau 5: Notations des parcelles de tournesol au 02 Juin 2022 :

Parcelle en semis direct						
Placettes	Cotylédons	2 Feuilles	4 Feuilles	6 Feuilles	8 Feuilles	Total :
1				1		1
2						0
3		1	1	2		4
4						0
Parcelle en travail du sol						
Placettes	4 Feuilles	6 Feuilles	8 Feuilles	10 Feuilles	12 Feuilles	Total :
1			2	5	2	9
2			2	3	2	7
3		1	5	2		8
4		2	4	3		9

Source : personnelle

La notation du 2 Juin 2022 fut la dernière et mis fin à l'essai. La décadence de la partie semis direct à pousser à réfléchir à la question de ressemer la parcelle pour éviter une année blanche. La placette 4 de la partie semis direct a perdu ces 2 tournesol, les pieds dans les autres sont chétifs et les populations sont très faibles. De plus des attaques de limaces sont visibles sur la parcelle.

La partie travail du sol se développe quant à elle de manière normale avec la prise de feuilles de manières générales sur les plants de la parcelle. De même, l'aspect général de la parcelle est assez homogène sur les hauteurs de plantes.

Après un mois suivant le semis, les meilleurs tournesols du semis direct sont l'équivalents des plus faible de la partie travail du sol conventionnel. Le tournesol n'a quasiment pas levé dans la partie en semis direct et l'implantation étant étalée il s'est fait attaquer par divers ravageurs qui ont décimé le peu de tournesol présent. Au contraire la partie semis après le travail du sol a eu une levée rapide est homogène qui a permis de mettre en place une population correcte. Ces résultats montrent une forte différence entre le semis direct et le travail sol avant le semis du tournesol dans nos conditions expérimentales de l'année 2022 mais ceux-ci restent à confirmer sur du plus long terme et d'autres conditions pédoclimatiques pour être généraliser à l'échelle du département.

4.3. L'analyse des coûts d'implantations des différents itinéraires techniques :

4.3.1. Les 5 méthodes d'implantations du triticale de Puycornet :

Tableau 6: Simulation du coût d'implantation du triticale par l'agriculteur :

Agriculteur					
Passage du cultivateur en 4,5 m			Passage du combiné herse rotative semoir en 3m		
Tracteur 200CV	25,5	€/h	Tracteur 200CV	25,5	€/h
Cultivateur 4,5 m	16	€/ha	Herse rotative + semoir 3 m	39	€/ha
Débit de chantier	1,6	ha/h	Débit de chantier	1,4	ha/h
Consommation par ha	12,6	l/ha	Consommation par ha	14,5	l/ha
50,84 € /ha			78,96 € /ha		
Total du coût d'implantation : 129,80 € /ha					

Source : personnelle

Tableau 7: Simulation du coût d'implantation du triticale avec les semoirs directs :

Semoir Claydon Hybrid T4			Semoir Amazone Primera DMC 6000		
Passage du semoir 4m			Passage du semoir 6m		
Tracteur 200CV	25,5	€/h	Tracteur 200CV	25,5	€/h
Semoir	37,2	€/ha	Semoir	34,1	€/ha
Débit de chantier	3,4	ha/h	Débit de chantier	5,1	ha/h
Consommation	12,5	l/ha	Consommation	8,2	l/ha
Total du coût d'implantation	63,48 € /ha		Total du coût d'implantation	51,38 € /ha	

Semoir Väderstad Rapid 300C			Semoir Aguirre TD 600		
Passage du semoir 3m			Passage du semoir 6m		
Tracteur 200CV	25,5	€/h	Tracteur 200CV	25,5	€/h
Semoir	39,2	€/ha	Semoir	17,8	€/ha
Débit de chantier	3,1	ha/h	Débit de chantier	4,1	ha/h
Consommation	8,2	l/ha	Consommation	8,2	l/ha
Total du coût d'implantation	59,73 € /ha		Total du coût d'implantation	36,36 € /ha	

Source : personnelle

L'implantation réalisée par l'agriculteur a un coût de mécanisation autour des 130 € /ha dans notre simulation. Celui-ci est plutôt dans les moyennes basses pour l'implantation d'une céréale à paille dans le Tarn-et-Garonne. On voit cependant que les débits de chantier des 2 opérations effectuées est assez faible et le coût de la main d'œuvre serait important si on la prenait en compte.

Du côté des 4 semoirs testés, le semoir Aguirre qui est un semoir TSC à dents a un coût de revient très faible, fortement expliqué par son coût d'achat 2 à 3 fois inférieurs à des semoirs directs de même taille. Le coût d'implantations de nos semoirs directs pur est compris entre 50 et 65 € /ha. Outre le prix d'achat qui diffèrent entre les modèles, la manière de travailler et le débit de chantier influence énormément les tarifs d'implantations. Le semoir Amazone avec ces dents fines allant peu

profondément, sa grande largeur et un objectif de vitesse autour des 10 km/h ressort comme le meilleur en termes de coût. Le second est le semoir à disque de chez Väderstad qui a le gros avantage d'une vitesse préconisée autour des 12 km/h ce qui augmente son débit de chantier malgré sa largeur de 3 m. Le Semoir direct Claydon ressort en dernier sur le coût d'implantations des semoirs directs car ce semoir spécialisé pour le travail dans les argiles à 2 jeux de dents, la première descendant jusqu'à 20 cm cherche à créer une fissure drainant l'eau et l'autre en pates d'oies sème la céréale. Ce travail du sol plus profond entraîne donc une consommation du tracteur supérieur et un besoin de puissance ce qui impacte son coût malgré un objectif de vitesse de semis à 10 km/h.

Malgré toutes les différences entre semoirs les coûts du semis en direct du triticale dans les chaumes du maïs ensilage a réduit le coût de moitié face à la pratique réalisée par l'agriculteur. Ci-dessous la valeur de la récolte a été estimée grâce à la cotation du triticale le 12 Juillet, jours de la récolte. Ce jour-là le triticale valait 336 €/t.

Tableau 8: Revenus disponibles et de l'importance de l'implantation :

Modalité	Coût d'implantation par hectare (en €)	Rendement (en q/ha à 15 % H°)	Valeur de la récolte (en €)	Importance du coût d'implantation sur la valeur totale de la récolte (en %)	Revenu disponible après retrait du coût d'implantation (en €)
Agriculteur	129,80 €	47,70	1 602,70 €	8,1%	1 472,90 €
Semoir Claydon Hybrid T4	63,48 €	48,76	1 638,30 €	3,9%	1 574,83 €
Semoir Amazone Primera DMC 6000	51,38 €	50,23	1 687,89 €	3,0%	1 636,50 €
Semoir Väderstad Rapid 300C	59,73 €	47,47	1 594,94 €	3,7%	1 535,21 €
Semoir Aguirre TD 600	36,36 €	42,94	1 442,83 €	2,5%	1 406,47 €

Source : personnelle

On constate alors que les semis ont représenté maximum 4% de la valeur de la récolte pour l'implantation en direct et plus de 8 % pour l'agriculteur. Le revenu disponible après le semis fait donc repasser toutes les modalités en semis direct comme plus performante que l'agriculteur, seul le semoir TCS reste inférieur mais rattrape énormément de son retard grâce à son faible coût d'implantation.

La performance économique (main d'œuvre exclue) sur cet essai sera donc en faveur des 3 semoirs direct car le reste de l'itinéraire technique a été exactement le même sur l'ensemble des modalités.

4.3.2. Les 2 méthodes d'implantations du tournesol à Larrazet :

Pour rappel le précédent de la culture était un couvert végétal d'intercultures pour les deux parcelles et l'implantation a été réalisée le 30 Avril 2022. Le calcul des coûts est ci-dessous.

Tableau 9: Simulation du coût d'implantation des 2 parcelles de tournesol :

Travail du sol			Semis direct en 6 rangs à 75		
Passage décompacteur			Passage du semoir monograine		
Tracteur 150CV	21	€/h	Tracteur 150CV	21	€/h
Décompacteurs 5 dents	18	€/ha	Semoir Monograine direct	27,0	€/ha
Débit de chantier	1,2	ha /h	Débit de chantier	2	ha /h
Consommation par ha	18,2	l /ha	Consommation par ha	10	l /ha
62,80 €			52,50 €		
2 Passages de déchaumeurs à disques					
Tracteur 150CV	21	€/h			
Déchaumeur à disques 4 m	13	€/ha			
Débit de chantier	4	ha /h			
Consommation par ha	7,2	l /ha			
<i>(Valeurs multipliés par 2)</i>		58,10 €			
2 Passages du combiné herse rotative 3m					
Tracteur 150CV	21	€/h			
Herse rotative 3,5	20,5	€/ha			
Débit de chantier	1,7	ha /h			
Consommation par ha	11,9	l /ha			
<i>(Valeurs multipliés par 2)</i>		101,41 €			
Passage du semoir monograine					
Tracteur 150CV	21	€/h			
Semoir Monograine 6 rangs	26	€/ha			
Débit de chantier	2	ha /h			
Consommation par ha	4,2	l /ha			
		42,80 €			
Total du coût d'implantation			Total du coût d'implantation		
		265,11 € /ha			52,50 € /ha

Source : personnelle

La performance économique de l'implantation en semis direct est indéniable face à une préparation de sol assez importante afin d'avoir une surface plane et des bonnes conditions de semis (terre fine en surface et un sol non compacté). Le coût d'implantation du semoir direct diffère, par le surcoût des éléments nécessaires au semis direct (entre 2000 et 3000 € neuf) ce qui représente à peine 1 € /ha sur la vie d'un semoir, mais surtout par l'augmentation de la résistance à la pénétration qui entraîne une plus forte consommation de gasoil. La plupart des semoirs en partant des milieux de gamme sont de nos jours équipés pour semer en direct. Dans le calcul du semis direct n'a pas été pris en compte

la destruction des couverts par un passage de glyphosate à 2 l/ha dont le prix avoisinerait les 20-25 € du passage produit compris. En comprenant la destruction du couvert végétal, le semis restait plus de 3 fois moins cher que l'autres implantations avec travail du sol.

A l'heure actuelle le prix du tournesol est à 755 €/t (prix du tournesol le 10 Août 2022), le coût d'implantation en sol travaillé est remboursé par la récolte de 4 quintaux dans des parcelles où l'agriculteur espérait en 25 et 30 quintaux en début de saison. Au contraire sur les 5 hectares de semis direct, l'agriculteur a payé la même somme de mécanisation qu'un hectare en travail du sol conventionnel mais il ne récoltera rien. La pratique a donc occasionné une perte sèche pour l'agriculteur sur notre site d'expérimentation.

5. Discussion :

5.1. L'essai de Puycornet :

Dans notre essai, le cycle de développement du triticale a reçu une pluviométrie inférieure à 380 mm ce qui nous permet de nous comparer aux régions arides de la planète mais ce qui est bien inférieur aux moyennes annuelles locales. Malgré ses conditions sèches sur une partie du cycle, la pluviométrie est tombée à des périodes charnières. Tout d'abord à la suite du semis une trentaine de millimètres de précipitations a permis une bonne levée du triticale. Ensuite le retour de pluie au mois de mars et avril pendant la montaison, après deux mois de début d'année particulièrement sec, a permis au triticale de mettre en place un nombre d'épis correct. La population sortie d'hiver n'ayant pas été mesurée, ce premier critère ne nous permet donc pas de comprendre le cycle du triticale. Mais sur le critère nombre d'épis, nous sommes au niveau de référence et les modalités de semis sont au moins équivalente à la modalité agriculteur. Mais contrairement (Yang et al. 2020) nous n'avons pas de grandes différences en nombres d'épis pouvant être liée à un meilleur régime hydrique. De plus notre triticale avait une croissance assez homogène sur la parcelle est aucun retard n'a été constaté (Dong et al. 2006). Cependant nous avons des paramètres de culture assez comparables entre modalités comme l'avait eu (López-Fando et Almendros 1995) dans leur test sur de l'orge.

Le climat a été cependant un frein par moment au bon développement du triticale. La forte pluviométrie du mois de décembre et début janvier ont d'abord gorgé le sol en eau avant d'inonder la parcelle. Les conséquences sont assez visibles sur l'étude de la courbe NDVI qui redescend au cours du mois de janvier avec une reprise de croissance lors du mois suivant. Globalement on s'est aperçu d'une culture bien implantée grâce à l'analyse NDVI avec la perte de plusieurs petites zones restées longtemps immergées. La suite du cycle au mois de mai lors de la floraison et du remplissage du grain est assez alarmante avec moins de 10 mm de précipitations dans cette phase charnière pour la grosseur des grains et le nombre de grains par épis. Le mois de Juin a été ponctué d'une première vague de chaleur et de pluie qui ont retardé un peu la récolte. Le résultat de cette fin de cycle est un meilleur poids spécifique dans les 3 modalités de semoirs à dents, face au semoir Väderstad à disques et au semis réalisé par l'agriculteur. Le tout étant nettement en dessous des normes de commercialisation du fait d'un échaudage très précoce des épis (graines de faibles tailles). Les rendements de la parcelle sont quant à eux dans la moyenne haute de l'année. Les modalités en semis direct étant égales ou supérieures (sauf Aguirre) en rendement. Nous sommes donc en accord avec les résultats (Cociu 2019; López-Fando et Almendros 1995; Khaledian, Mailhol, et Ruelle 2014) qui observent dans des conditions limitantes (dans notre cas plutôt séchantes) des rendements similaires.

L'état du sol en semis direct et la réussite du semis sont des éléments importants dans la pratique du semis direct et peuvent être une source d'échec comme dans les études suivantes. (López-Garrido et al. 2014; Khaledian, Mailhol, et Ruelle 2012). Nous n'avions pas le matériel nécessaire au suivi de la compaction du sol et de l'enracinement en culture mais ces facteurs nous questionnaient. Le jour du semis nous nous sommes aperçus grâce à un test bêche d'un fort tassement irrégulier en surface (2-3 cm) et d'une structure assez compacte en profondeur. Le tassement de surface pouvant être dû au passage des bennes de l'ensilage du précédent maïs. La parcelle n'ayant pas été travaillée depuis deux ans, la structure générale de l'horizon de semis n'avait pas été affinée depuis. Dans ce sol complexe mais frais nos différents semoirs ont réussi une implantation correcte surtout les semoirs dents qui ont créé plus de terre fine autour des semences. La pluie arrivant dessus deux jours plus tard permettant à l'ensemble de la parcelle de lever avec une meilleure vigueur des semoirs à dents. La levée passée, l'enracinement aurait pu être un facteur bloquant la bonne croissance mais aux vues des résultats les implantations des différentes modalités précocement a permis à la culture de se développer correctement. Cet indicateur d'enracinement et de tassement sera donc à surveiller lors des prochaines campagnes d'essais pour avoir un indicateur du bon développement des cultures.

Concernant les charges de mécanisations liées à l'essai nous obtenons une fois de plus des chiffres très bons en termes de temps passé grâce à des débits de chantier des semoirs direct très supérieurs au combinés herse rotative/semoir, mais aussi en termes de coûts nous sommes largement inférieurs, celle-ci représente au moins la moitié du coût de la préparation en travail du sol. La consommation de carburants et l'usure des outils de travail sont diminués. (Erenstein et al. 2008; Omulo et al. 2022; Khaledian, Mailhol, et Ruelle 2014; 2012) ont obtenu des résultats similaires avec une baisse du coût de mécanisation, la consommation de carburant et du temps passé par hectare. Le coût de main d'œuvre n'a pas été analysé de notre côté mais le débit de chantier bien supérieur des semoirs direct et le semis en un seul passage sur la parcelle donnerait de très bons résultats aussi dans notre étude.

Dans les différentes études citées, seul un coût de semoir direct est calculé car seulement une modalité est implantée avec cette pratique. Mon étude diffère sur ce point car 4 semoirs ont été testés et analysés ce qui donne une plus grande variabilité des résultats des coûts d'implantations mais aussi dans le suivi de la culture. Ces différences sont d'ordres techniques et sont assez méconnues des agriculteurs du GIEE d'où l'importance de ces premiers résultats mais ceux-ci ne pourront pas être une fin. La multiplication des essais est nécessaire pour conclure sur la pertinence du semis direct pour les cultures d'hiver dans le Tarn-et-Garonne.

Les émissions de Gaz à effet de serre du sol étudié par les méta-analyses de (Huang et al. 2018; Shakoor et al. 2021) sont impossibles à mener à l'échelle de nos structures du fait du peu de matériel présent mais les émissions du tracteur et celle du cycle de vie des outils utilisés pour l'implantations de la culture auraient pu être estimés. Les enjeux nationaux et internationaux de réduction des gaz à effet de serre permettent au semis direct de se placer comme une pratique vertueuse (Liao et al. 2021).

Le futur de cet essai doit donc prendre en compte plus d'enjeux liés à la réussite de la culture et à la préservation de l'environnement. Le suivi agronomique de la culture est important afin de diagnostiquer le plus rapidement possible des problèmes de croissances qui ne devrait pas être plus présents dans les modalités semis direct que dans la modalité en travail du sol. D'ailleurs plus d'indicateurs de la culture devrait être collectés afin d'éviter de longue période sans résultats où la compréhension de développement de la culture est plus complexe. Le sol étant le support de nos essais, il devrait être mieux caractérisé surtout sur la partie texture, matière organique et tassement.

Les deux premiers étant très importantes dans la stabilité structurale des sols (aptitude du sol à conserver sa structure en dépit d'éléments perturbateurs) et le tassement étant un des points clés dans les problématiques du semis direct. La conduite d'essai système plus long qu'une année est compliquée à suivre et à mettre en place pour les équipes de nos structures mais les 3 parcelles voulues initialement sont un minimum pour avoir des résultats exploitables statistiquement.

5.2. L'essai de Larrazet :

Dans ces parcelles, nous avons pu constater d'énormes différences tant au niveau de l'implantation avec la mise en place d'une population suffisante que sur le début de croissance. Pour commencer avec le semis de la culture, le weekend (du samedi au lundi compris) précédent le semis il est tombé 70 mm de précipitations sur ce secteur du département. Le semis a été réalisé 5 jours plus tard dans les deux parcelles. (Wang et al. 2020; Omidmehr et Faezniya 2019; Badagliacca et al. 2018) nous parlent d'une meilleure rétention en eau dans les parcelles en semis direct. Or la parcelle de notre essai était sous ce régime depuis 3 ans. La question se pose alors sur les bonnes conditions de semis de la parcelle de semis direct car le temps de ressuyage est généralement plus rapide dans un sol travaillé. Le semis étant fait en suivant le passage de la herse rotative dans l'autre parcelle, les conditions de semis ont été optimales car cet outil de travail du sol crée des lissages s'il est passé en conditions non ressuyées. Les agriculteurs ne prennent donc pas le risque de le passer dans de mauvaises conditions.

D'un autre côté, la parcelle de semis direct a eu des problèmes de conditions physiques du sol avant et après le semis comme l'ont eu (López-Garrido et al. 2014) dans leur étude sur tournesol. Deux semaines avant le semis nous n'avons pas réussi à enfoncer une bêche pour analyser la structure. Avec les précipitations d'avant semis, nous avons pu faire ce test et constaté de la porosité dans le sol. Cependant 2,5 semaines après le semis, le sol s'était repris en masse comme avant le semis.

Le risque de lissage du disque semeur (mauvais contact terre-graine) dû au mauvais ressuyage et les conditions physiques de la parcelle ont été des facteurs déterminants de la mauvaise levée du tournesol. Comme (López-Garrido et al. 2014) nous avons eu une levée plus étalée pour le tournesol et une densité de plantules plus faible en semis direct avant que les attaques de ravageurs finissent le travail.

Ensuite sur la croissance du tournesol, la météo n'a pas aidé énormément car il n'y a pas eu de précipitations du mois de mai sur le secteur et il a fallu attendre les orages de juin pour recevoir des précipitations supérieures à 10 mm. Les conditions ont été donc stressantes sur l'ensemble des parcelles et aucune irrigation n'a été opérée. Nous n'avons pas l'explication de meilleurs développements dans la parcelle avec les sols travaillés. Cependant l'explication donnée (A. Mourad et I. Nawar 2020) semble très probable dans notre cas. La plus faible résistance de pénétration du sol aux racines pour la partie en travail du sol conventionnel permet la propagation d'un grand système racinaire et conduit ainsi à une forte croissance végétative. Le système pivotant du tournesol demande une structure du sol sur la profondeur afin d'explorer au mieux les différents horizons pour faire face à la période sèche. Ces conditions ont seulement été présentes dans la partie en sol travaillé et ont donc pénalisé le tournesol en semis direct qui était très chétif. D'ailleurs Terres Inovia (SAUZET 2019) déconseille fortement le tournesol en semis direct si les conditions physiques du sol ne sont pas favorables. Les agriculteurs du GIEE étaient aussi réticents à mener cette culture en semis direct.

Concernant les charges de mécanisations liées à l'essai, nous obtenons une fois de plus des chiffres très bon en termes de coûts pour le semoir direct. Nous sommes largement inférieurs en nombres de passages ce qui est un gros facteur d'explication du différentiel de prix. La consommation de carburants est donc diminuée mais l'usure du semoir est un peu renforcée dû à la force de pénétration augmentée. (Erenstein et al. 2008; Omulo et al. 2022; Khaledian, Mailhol, et Ruelle 2014; 2012) ont obtenu des résultats similaires avec une baisse du coût de mécanisation et de la consommation de carburant par hectare. Par contre notre échec dans la mise en place de la culture ne permet pas d'assurer un revenu à l'agriculteur et ceux malgré le très faible coût du semis, cela sera une perte sèche.

Le futur de l'essai de printemps doit donc prendre en compte les besoins des cultures de façon plus précises. Le tournesol ne devrait pas être implanté directement mais plutôt après le passage de strip-till qui est un outil très utilisé en agriculture de conservation. Des plantes comme le sorgho ou le maïs sont plus adaptés au semis direct du fait de leurs systèmes racinaires fasciculées. Le suivie agronomique de la culture a été pertinent et a permis de déceler rapidement un problème donc il faudrait le conserver à cette fréquence. Le tassement du sol a été un enjeu majeur comme l'humidité à la période du semis. Ces deux facteurs devraient être suivis de manière plus précise par la suite avec l'achat du matériel nécessaire mais indispensable à la compréhension des essais. Enfin l'objectif de 3 parcelles voulu initialement reste pertinents pour avoir des résultats exploitables statistiquement mais celle-ci devront être réservées beaucoup plus tôt pour éviter les problèmes de cette année.

6. Conclusion :

L'étude menée a subi de nombreux rebondissements qui ont impactés le nombre d'essais menés où la pratique du semis direct a été étudiée. Les parcelles ont été implantées avec une culture d'automne (le triticales) et avec une culture de printemps (le tournesol). Trois enjeux territoriaux ont dicté cette série d'essai : la faisabilité technique, la production d'une culture de même potentiel agronomique et enfin l'analyse du coût d'implantation. Ces enjeux ont été réunis dans la problématique suivante : Dans quelles mesures les pratiques d'agriculture de conservation via la simplification du semis des cultures répondent aux enjeux techniques, agronomiques et économiques des exploitations du Tarn-et-Garonne tout en prenant en compte les contraintes environnementales ?

Pour commencer je vais répondre au niveau de la faisabilité technique du semis direct. Sur la parcelle de triticales malgré un sol argileux essayant des compactations du précédant nous avons réussi dans un premier lieu à semer avec différents types de semoirs utilisant des technologies de semis différentes. Mais en plus de cela, la culture a eu une très bonne implantation comparable à la pratique de travail du sol. Sur cette parcelle le critère de faisabilité technique est donc validé pour les différents semoirs de semis directs. Les résultats pour la parcelle de tournesol sont beaucoup plus nuancés car oui nous avons réussi à semer avec le semoir direct. Mais les conditions pédologiques et le matériel n'a pas mis les semences dans de bonnes conditions pour réussir la culture. Le semis est donc possible dans un couvert mais de nombreux facteurs sont à prendre en compte. Le tournesol n'étant pas l'espèce végétale la plus propice au semis direct.

Ensuite, l'étude agronomique des nouveaux itinéraires techniques (différents semoirs directs) a donné de très bons résultats sur la culture du triticales. Ces résultats étaient attendus suite à la revue de la

littérature scientifique sur les cultures de céréales à pailles d'hiver. Ceux-ci ont été confirmés malgré un souci d'inondation de certaines modalités en culture. Les notations en culture n'ont pas apporté de différences significatives avec la partie travaillée. Seul le semoir Aguirre plus dédié aux techniques culturales simplifiées est ressorti un peu plus faible en rendement lors de la récolte. Les poids spécifiques étant au moins égales en semis direct à la modalité agriculteur. Sur le tournesol le semis direct a subi un échec important pour la mise en place d'une population suffisante à la levée mais aussi sur le développement. Plusieurs facteurs expliquent ces résultats mais le choix de l'espèce semble l'un des facteurs les plus importants dans cet échec.

Enfin sur la partie économique, le coût d'implantation (mécanisation hors main d'œuvre) donne d'excellents résultats avec au minimum une division par deux du coût. Ce prix, le nerf de la guerre pour de nombreux agriculteurs, représente moins de 4 % du revenu de la récolte pour le semis direct de triticale contre 8% pour l'agriculteur. Une marge supplémentaire sur la culture implantée peut donc être tirée dans ce cas-là. Le rendement horaire d'un agriculteur utilisant le semis direct est plus important car cette technique permet de semer 2 fois plus de surface avec la même largeur d'outils dans notre cas du triticale. Les différences de coût d'implantation de tournesol ont été très importantes mais n'auront servi à rien avec l'échec de la culture.

Au niveau global, cette série d'essais donnent des résultats encourageants et prometteurs sur la culture du triticale en semis direct. Les résultats restent à confirmer sur le long terme pour cette culture ou une autre céréale à paille d'automne. Le tournesol à quant à lui subit un échec en culture malgré une performance économique de la simplification de la mécanisation du semis. Ces premiers résultats obtenus localement sont un bon signe pour le développement de ces pratiques dans les années à venir. Le choix d'espèces adaptées sera un point d'attention primordiale à la suite de l'essai. La composante sol ne pouvant être suivie en cette première année laisse de nombreuses zones de mystères sur nos résultats. Le sol est le support des cultures et de nombreuses interactions complexes se déroulent chaque jour en son sein. Il serait peut-être intéressant de se demander si la texture du sol a un impact sur la pratique du semis direct. Les agriculteurs travaillent différemment en fonction du panel des textures de leurs parcelles et le semis direct contrecarre cette idée en appliquant une même pratique sur de grand territoire diversifié.

Annexes 1 : Calcul des coûts d'implantations des semoirs neufs :

Exemple du semoir Claydon 4m d'une valeur neuve de 104 000 €.

Vitesse de semis conseillé : 10 km/h

Prix du Gasoil au 10 Août 2022 : 1,50 € /l

Semoir Claydon Hybrid T4			
Passage du semoir 4m			
Tracteur 200 CV	25,5	€ /h	← Données GPR 2022
Semoir	37,2	€ /ha	← ((Prix du semoir neuf / durée d'amortissements moyenne) / surface annuelle moyenne) + Charges d'entretiens, financières et autres
= ((104 000 € /10 ans) /382 ha) +10 € ≈ 37,2 €			
Débit de chantier	3,4	ha /h	← Vitesse de semis * Largeur de l'outils * 0,85 (estimation du temps réel de semis avec les manœuvres) / surface d'un hectare
= 10 000 m/h *4 m*0.85 /10 000 m ² ≈ 3,4 ha/h			
Consommation	12,5	l /ha	← Données Barèmes d'entraide 2020-2021
Totale du coût d'implantation	63,48 €	/ha	← (Prix du tracteur / Débit de chantier) + Prix semoir+ Consommation de carburant * Prix carburant
= (25,5 /3,4) +37,2 +(12,5 * 1,5) ≈ 63,48 € /ha			

Données issues des références du réseau CUMA

Bibliographie :

- A. Mourad, Khamis, et Ali I. Nawar. 2020. « Sunflower Growth Performance under Tillage or No Tillage Practice, Irrigation Intervals and Nitrogen Fertilization Rates ». *Alexandria Journal of Agricultural Sciences* 65 (3): 223-32. <https://doi.org/10.21608/alexja.2020.109843>.
- Amigues, Jean-Pierre, Philippe Debaeke, Bernard Itier, Gilles Lemaire, Bernard Seguin, Francois Tardieu, Alban Thomas, et Expertise Scientifique Collective Uesc. 2006. « Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Expertise scientifique collective. Rapport », 468.
- ARVALIS - Institut du végétal. 2021. « Carte Choisir 1 Triticale 2021 ». [Www.Arvalis-Infos.Fr](http://www.Arvalis-Infos.Fr). 2021. <https://view.genial.ly/61541d3fd9090de89305dd>.
- Badagliacca, Giuseppe, Emilio Benítez, Gaetano Amato, Luigi Badalucco, Dario Giambalvo, Vito Armando Laudicina, et Paolo Ruisi. 2018. « Long-Term No-Tillage Application Increases Soil Organic Carbon, Nitrous Oxide Emissions and Faba Bean (*Vicia Faba L.*) Yields under Rain-Fed Mediterranean Conditions ». *Science of The Total Environment* 639 (octobre): 350-59. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.157>.
- Battiatto, Andrea, Abdallah Alaoui, et Etienne Diserens. 2015. « Impact of Normal and Shear Stresses Due to Wheel Slip on Hydrological Properties of an Agricultural Clay Loam: Experimental and New Computerized Approach ». *Journal of Agricultural Science* 47 (4): 1-19.
- Botta, G. F., O. Pozzolo, M. Bomben, H. Rosatto, D. Rivero, M. Ressia, M. Tourn, E. Soza, et J. Vazquez. 2007. « Traffic Alternatives for Harvesting Soybean (*Glycine Max L.*): Effect on Yields and Soil under a Direct Sowing System ». *Soil and Tillage Research* 96 (1): 145-54. <https://doi.org/10.1016/j.still.2007.05.003>.
- Bryan, Rorke B. 2000. « Soil Erodibility and Processes of Water Erosion on Hillslope ». *Geomorphology* 32 (3): 385-415. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(99\)00105-1](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00105-1).
- Chenu, C. 2001. « The clay-humus complex of soils: present knowledge ». *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France (France)*. https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=The+clay-humus+complex+of+soils%3A+present+knowledge&author=Chenu%2C+C.+%28%28Institut+National+de+la+Recherche+Agronomique%2C+Versailles+%28France%29.+Centre+de+Versailles+Grignon%2C+Unit%C3%A9+de+Science+du+Sol%29%29&publication_year=2001.
- Cociu, Alexandru I. 2019. « LONG-TERM TILLAGE AND CROP SEQUENCE EFFECTS ON WINTER WHEAT AND TRITICALE GRAIN YIELD UNDER EASTERN ROMANIAN DANUBE PLAIN CLIMATE CONDITIONS ». *ROMANIAN AGRICULTURAL RESEARCH*, n° 36: 6.
- Dong, Wenxu, Suying Chen, Chunsheng Hu, et Chunmei Yin. 2006. « The effect of minimum tillage and no-tillage on growth and yield of winter wheat », juillet, 141-44.
- Erenstein, Olaf, Umar Farooq, R. K. Malik, et Muhammad Sharif. 2008. « On-Farm Impacts of Zero Tillage Wheat in South Asia's Rice–Wheat Systems ». *Field Crops Research* 105 (3): 240-52. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.10.010>.
- Fédération Régionale des CUMA Auvergne Rhône Alpes / Bourgogne-Franche-Comté. 2021. « Barème d'entraide 2020-2021 | Fédération Régionale des CUMA Auvergne Rhône Alpes (AuRA) ». 2 février 2021. <http://www.aura.cuma.fr/actualites/bareme-dentraide-2020-2021>.
- Fédération Régionale des CUMA Occitanie / Nouvelle-Aquitaine. 2022. « Guide Occitanie des prix de revient des matériels de CUMA | Fédération Régionale des cuma Occitanie ». 2022. <http://www.occitanie.cuma.fr/content/guide-occitanie-des-prix-de-revient-des-materiels-de-cuma>.
- Guyot, Étienne. 2021. « Zones Vulnérables aux Nitrates / Nitrates / Eau / Environnement / Politiques publiques / Accueil - Les services de l'État dans le Tarn-et-Garonne ». 15 juillet 2021.

- <https://www.tarn-et-garonne.gouv.fr/index.php/Politiques-publiques/Environnement/Eau/Nitrates/Zones-Vulnerables-aux-Nitrates>.
- Heil, Dean, et Garrison Sposito. 1993. « Organic Matter Role in Illitic Soil Colloids Flocculation: I. Counter Ions and PH ». *Soil Science Society of America Journal* 57 (5): 1241-46. <https://doi.org/10.2136/sssaj1993.03615995005700050014x>.
- Huang, Yawen, Wei Ren, Lixin Wang, Dafeng Hui, John H. Grove, Xiaojuan Yang, Bo Tao, et Ben Goff. 2018. « Greenhouse Gas Emissions and Crop Yield in No-Tillage Systems: A Meta-Analysis ». *Agriculture, Ecosystems & Environment* 268 (décembre): 144-53. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.09.002>.
- Huang, Yawen, Bo Tao, Yanjun Yang, Xiaochen Zhu, Xiaojuan Yang, John H. Grove, et Wei Ren. 2022. « Simulating No-Tillage Effects on Crop Yield and Greenhouse Gas Emissions in Kentucky Corn and Soybean Cropping Systems: 1980–2018 ». *Agricultural Systems* 197 (mars): 103355. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2021.103355>.
- Joannon, Alexandre, François Papy, Pierre Morlon, et François Kockmann. 2021. « Jours disponibles pour les travaux des champs — Les Mots de l’agronomie ». 5 août 2021. https://mots-agronomie.inra.fr/index.php/Jours_disponibles_pour_les_travaux_des_champs.
- Khaledian, Mohammadreza, Jean-Claude Mailhol, et Pierre Ruelle. 2012. « Yield and Energy Requirement of Durum Wheat under No-Tillage and Conventional Tillage in the Mediterranean Climate », 7.
- . 2014. « Diesel oil consumption, work duration, and crop production of corn and durum wheat under conventional and no-tillage in southeastern France ». *Archives of Agronomy and Soil Science* 60 (8): 1067-76. <https://doi.org/10.1080/03650340.2013.863423>.
- Li, Weiping, David E. Merrill, et Douglas A. Haith. 1990. « Loading Functions for Pesticide Runoff ». *Research Journal of the Water Pollution Control Federation* 62 (1): 16-26.
- Liao, Ping, Yanni Sun, Xiangcheng Zhu, Haiyuan Wang, Yong Wang, Jin Chen, Jun Zhang, Yanhua Zeng, Yongjun Zeng, et Shan Huang. 2021. « Identifying Agronomic Practices with Higher Yield and Lower Global Warming Potential in Rice Paddies: A Global Meta-Analysis ». *Agriculture, Ecosystems & Environment* 322 (décembre): 107663. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107663>.
- López-Fando, C., et G. Almendros. 1995. « Interactive Effects of Tillage and Crop Rotations on Yield and Chemical Properties of Soils in Semi-Arid Central Spain ». *Soil and Tillage Research* 36 (1): 45-57. [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(95\)00495-5](https://doi.org/10.1016/0167-1987(95)00495-5).
- López-Garrido, R., E. Madejón, M. León-Camacho, I. Girón, F. Moreno, et J. M. Murillo. 2014. « Reduced Tillage as an Alternative to No-Tillage under Mediterranean Conditions: A Case Study ». *Soil and Tillage Research* 140 (juillet): 40-47. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.02.008>.
- Minasny, B., et A. B. McBratney. 2018. « Limited Effect of Organic Matter on Soil Available Water Capacity ». *European Journal of Soil Science* 69 (1): 39-47. <https://doi.org/10.1111/ejss.12475>.
- MOLLIER, PASCALE. 2020. « L’agriculture de conservation ». INRAE Institutionnel. 8 janvier 2020. <https://www.inrae.fr/actualites/dossier-lagriculture-conservation>.
- Nowak, Benjamin. 2021. « [GEE] NDVI time series ».
- Omidmehr, Z., et F. Faezniya. 2019. « Effects of different tillage techniques on some soil properties and sunflower yield in dryland conditions of Shahrood (Miami) ». *Iranian Dryland Agronomy Journal* 7 (2): 143-58. <https://doi.org/10.22092/idadj.2018.121791.218>.
- Omulo, Godfrey, Regina Birner, Karlheinz Köller, Simunji Simunji, et Thomas Daum. 2022. « Comparison of Mechanized Conservation Agriculture and Conventional Tillage in Zambia: A Short-Term Agronomic and Economic Analysis ». *Soil and Tillage Research* 221 (juillet): 105414. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105414>.

- ORACLE Occitanie. 2020. « Etat des lieux sur le changement climatique et ses incidences agricoles en région Occitanie - édition 2020 ». ORACLE Occitanie. https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Occitanie/Agroenvironnement/ORACLE-crao2020.pdf.
- Pecci Canisares, Lucas, John Grove, Fernando Miguez, et Hanna Poffenbarger. 2021. « Long-Term No-till Increases Soil Nitrogen Mineralization but Does Not Affect Optimal Corn Nitrogen Fertilization Practices Relative to Inversion Tillage ». *Soil and Tillage Research* 213 (septembre): 105080. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105080>.
- Remongin, Xavier. 2016. « Le projet agro-écologique en 12 clés ». Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté alimentaire. 2016. <https://agriculture.gouv.fr/le-projet-agro-ecologique-en-12-cles>.
- Roocks, Fanny, Hélène Salva, et Jean-Pierre Sarthou. 2016. « Agriculture de conservation des sols : Définition - Dictionnaire d'Agroécologie - 2016 ». 2016. <https://dicoagroecologie.fr/encyclopedie/agriculture-de-conservation/>.
- SAUSSE, Christophe. 2019. « Tournesol : les règles d'un semis réussi ». Terres Inovia. 19 mars 2019. <https://www.terresinovia.fr/-/tournesol-les-regles-d-un-semis-reussi>.
- SAUZET, Gilles. 2019. « Le tournesol : une culture qui s'adapte à différents modes d'implantation ». Terres Inovia. 19 mars 2019. <https://www.terresinovia.fr/-/le-tournesol-une-culture-qui-s-adapte-a-differents-modes-d-implantation>.
- Scopel, Eric, Jean-Marie Douzet, Fernando-Antonio Macena da Silva, Alexandre Cardoso, José Aloisio Alves Moreira, Antoine Findeling, et Martial Bernoux. 2005. « Impacts des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale (SCV) sur la dynamique de l'eau, de l'azote minéral et du carbone du sol dans les cerrados brésiliens ». *Cahiers Agricultures* 14 (1): 71-75 (1).
- Shakoor, Awais, Muhammad Shahbaz, Taimoor Hassan Farooq, Najam E. Sahar, Sher Muhammad Shahzad, Muhammad Mohsin Altaf, et Muhammad Ashraf. 2021. « A Global Meta-Analysis of Greenhouse Gases Emission and Crop Yield under No-Tillage as Compared to Conventional Tillage ». *Science of The Total Environment* 750 (janvier): 142299. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142299>.
- SIE Adour-Garonne,. 2020. « Phytos - carte ». 2020. <http://adour-garonne.eaufrance.fr/data/phytos?panel=map>.
- Silva, Paulo Claudeir Gomes da, Carlos Sérgio Tiritan, Fábio Rafael Echer, Carlos Felipe dos Santos Cordeiro, Melina Daniel Rebonatti, et Carlos Henrique dos Santos. 2020. « No-Tillage and Crop Rotation Increase Crop Yields and Nitrogen Stocks in Sandy Soils under Agroclimatic Risk ». *Field Crops Research* 258 (novembre): 107947. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107947>.
- Su, Ziyu, Jinsong Zhang, Wenliang Wu, Dianxiong Cai, Junjie Lv, Guanghui Jiang, Jian Huang, Jun Gao, Roger Hartmann, et Donald Gabriels. 2007. « Effects of Conservation Tillage Practices on Winter Wheat Water-Use Efficiency and Crop Yield on the Loess Plateau, China ». *Agricultural Water Management* 87 (3): 307-14. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.08.005>.
- Wang, Shulan, Hao Wang, Muhammad Bilal Hafeez, Qi Zhang, Qi Yu, Rui Wang, Xiaoli Wang, et Jun Li. 2020. « No-Tillage and Subsoiling Increased Maize Yields and Soil Water Storage under Varied Rainfall Distribution: A 9-Year Site-Specific Study in a Semi-Arid Environment ». *Field Crops Research* 255 (septembre): 107867. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107867>.
- Yang, Hongkun, Ge Wu, Piao Mo, Songhe Chen, Siyu Wang, Yun Xiao, Hongli ang Ma, Tao Wen, Xiang Guo, et Gaoqiong Fan. 2020. « The Combined Effects of Maize Straw Mulch and No-Tillage on Grain Yield and Water and Nitrogen Use Efficiency of Dry-Land Winter Wheat (*Triticum Aestivum* L.) ». *Soil and Tillage Research* 197 (mars): 104485. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104485>.



PARIS, Corentin, 2022, Etude comparative entre les pratiques des agriculteurs du Tarn-et-Garonne et les pratiques d'agricultures de conservation des sols, 36 pages, mémoire de fin d'études, lieu de soutenance : 63370 Lempdes, 2022.

STRUCTURE D'ACCUEIL ET INSTITUTIONS ASSOCIEES :

Fédération départementale des CUMA du Tarn-et-Garonne (FD CUMA 82)

ENCADRANTS :

- ♦ Maître d'apprentissage : LAFLORENTIE, Romain (FD CUMA 82)
- ♦ Tuteur pédagogique : NOWAK, Benjamin (VetAgro Sup)

OPTION : CALICE : Concevoir et accompagner l'innov'action en agronomie

RESUMÉ :

Une étude comparative entre les pratiques des agriculteurs du Tarn-et-Garonne et les pratiques d'agricultures de conservation des sols a été menée afin de répondre à la question suivante : Dans quelles mesures les pratiques d'agricultures de conservation via la simplification du semis des cultures répondent aux enjeux techniques, agronomiques et économiques des exploitations du Tarn-et-Garonne tout en prenant en compte les contraintes environnementales ? Ce projet a été divisé en deux parties. Tout d'abord la mise en place de 2 essais pleins champs. Le premier se compose de 4 modalités avec du semis direct et une modalité de travail du sol pour implanter du triticale. Le second se compose simplement d'une modalité en semis direct et d'une en travail du sol pour l'implantation d'un tournesol. La deuxième partie réalisée est le calcul des charges de mécanisation d'implantations des cultures. Sur la culture de triticale, la croissance et le rendement ont été semblables entre modalités. Sur la culture de tournesol, la levée ainsi que la croissance dans la partie semis direct ont eu de très mauvais résultats contrairement à l'autre modalité très bien implantés. Le coût d'implantations a été au minimum divisé par deux en utilisant le semis direct dans les essais. Le triticale a ainsi répondu à tous les objectifs fixés. Cependant, l'échec du semis direct de tournesol s'explique par une espèce inadaptée à surpasser des conditions pédologiques défavorable (tassement du sol). Ces essais ont ainsi apporté des premiers résultats à confirmer sur le secteur.

Mots Clés :

Semis direct, Agriculture de conservation des sols (ACS), Performance agronomique, Non-travail du sol, Agroécologie, Condition du sol

ABSTRACT :

A comparative study between the Tarn-et-Garonne farming methods and agricultural soil conservation practices was conducted to answer the following question : To what extent do conservation farming practices—through the simplification of crop sowing—respond to the technical, agronomic and economic challenges of Tarn-et-Garonne farms, all the while taking into account environmental constraints? This project was divided into two parts. Firstly, two full-field trials were done. The first trial compared four methods of direct seeding and one method of tillage to sow triticale. The second trial compared only one treatment in direct seeding and a tillage treatment for planting sunflowers. The second part involved the calculation of the cost of the machines used to sow the crops. Growth and yield of triticale crops were similar, irrespective of the method used. Sunflower farming, from the emergence of the head to the development of the kernel using direct seeding had very bad results compared to the other method that is already well established. The cost of planting was at least halved by using direct seeding in the trials. The triticale thus met all the required objectives of the study. However, the failure of the sunflower trials using direct sowing can be explained by the selection of a species that was not suited to difficult soil conditions (i.e. soil compaction). These tests have thus given first results to be validated for the agricultural region.

Key Words :

Direct sowing, Conservation farming, Crop performance, No-tillage, Agroecology, Soil conditions