

**ECOLE SUPERIEURE D'AGROTECHNIQUE  
GRANGENEUVE**

**« Etude de la problématique des adventices dans les blés  
bios »**



Travail de diplôme

Expert externe : Vincent Jaunin

Expert interne : Adrian von Niederhäusern

Grangeneuve, le jeudi 5 septembre 2019

Jonas Porchet  
Rte du Nord 10  
1076 Ferlens  
079/313.07.06  
[Jonas.porchet@gmail.com](mailto:Jonas.porchet@gmail.com)

## **Résumé :**

Cette étude a pour but d'analyser l'efficacité et le potentiel de trois techniques de lutte directe contre les adventices dans la culture de blé et sans utilisation d'herbicide. Pour ce travail de diplôme, une recherche littéraire et des essais en plein champs ont été réalisés. Les essais mis en place sur le site de Grange Verney dans le canton de Vaud ont consisté à comparer trois modalités : la sarcluse avec guidage caméra et GPS, la herse étrille ainsi qu'une combinaison de la herse étrille et enfin d'un sous semis de trèfle. Le tout confronté à un témoin. Les résultats obtenus montrent l'importance du désherbage mécanique avec une efficacité de près de 50% par rapport au témoin et des impacts au niveau du rendement non négligeable. L'aspect économique a permis d'approfondir la discussion pour le choix de la stratégie à mettre en place sur son domaine. La recherche littéraire a prouvé l'impact et la nuisibilité des adventices. Le désherbage mécanique combiné à des mesures indirectes est essentiel pour obtenir de bon résultat en grandes culture biologique. Ces informations ont également servi d'outil de comparaisons et d'analyse.

## **Zusammenfassung**

Das Ziel dieser Studie ist die Wirksamkeit und das Potenzial, der drei direkten Unkrautbekämpfung Methoden in der Kultur Weizen, zu analysieren und das alles ohne Herbizid Einsatz. Für diese Diplomarbeit wurden Literaturrecherchen und Feldversuche durchgeführt. Die Versuche, die in Grange-Verney im Kanton Waadt durchgeführt wurden haben dazu gedient drei Methoden zu vergleichen, nämlich: eine Hacke mit Kamera und GPS-Steuerung, eine Egge und eine Egge kombiniert und schliesslich mit einer Einsaat mit Klee. Alle im Vergleich mit Parzellen ohne Unkrautbekämpfung. Die davon erhaltenen Resultate zeigen die Wichtigkeit der mechanischen Unkrautbekämpfung mit einer Effektivität von 50 % der verglichenen Parzelle und die Einwirkungen auf die Höhe des Ertrags. Der wirtschaftliche Aspekt ermöglicht es, die Diskussion zu vertiefen und die ideale Wahl der Strategie auf dem Betrieb zu treffen. Die Literaturrecherchen haben bewiesen wie sich die Unkräuter verhalten. Die mechanische Unkrautbekämpfung kombiniert mit indirekten Massnahmen sind sehr wichtig um gute Resultate im Bio Ackerbau zu erzielen. Diese Informationen wurden auch als Werkzeug zur Analyse und Feststellungen (Vergleich) angewendet.

## Table des matières

1 Introduction :	1
2. Corps du sujet :	2
2.1 Etat des connaissances	2
2.1.1 Les adventices	2
2.1.2 Contexte global, aspects économiques, écologiques :	6
2.1.3 Différentes techniques de lutte indirecte et directe	9
2.1.4 Coûts et capacité de travail	19
2.1.5 Avis des agriculteurs	19
3 Matériel et méthode	21
3.1 Présentation de l'essai	22
3.2 Les modalités	28
3.3 Présentations des facteurs étudiés lors de comptage :	30
4 Résultats	34
4.1 Résultat en champ et économique	35
5 Discussion des résultats	40
5.1 comparaison et interprétation des résultats	40
5.2 Aspects économique et réflexion élargie	42
5.3 Observations sur le terrain	42
5.2 Avis du responsable de l'essai	45
6. Bilan et conclusion	46
7. Liste des illustrations, tableaux et graphiques	48
7.1 Liste des illustrations	48
7.2 Liste des tableaux	49
7.3 Liste des graphiques	49
8. Bibliographie	50
9. Annexe	53
10. Liste des abréviations	53

## Bilan personnel

Dans le cadre de ma formation supérieure d'agrotechnicien, j'ai pu effectuer un travail de diplôme lié à une problématique dans le monde agricole. Les buts recherchés par ce travail sont d'approfondir un sujet qui nous tient à cœur en lien avec les connaissances acquises au cours de nos études.

Après une mûre réflexion tout en prenant en considération ma situation et mes envies personnelles, mon choix s'est porté sur le thème des adventices dans la culture de blé biologique. Effectivement, je gère, en collaboration avec mon cousin, une exploitation agricole en production biologique, qui compte parmi ses branches de production, une part importante de grandes cultures et, notamment, de blé. Par conséquent, nous sommes directement touchés par cette difficile lutte contre les mauvaises herbes sans aucune utilisation de produits phytosanitaires.

L'utilisation des différentes techniques de lutte indirecte et directe contre les adventices représente pour moi un défi important mais qui m'intéresse fortement. Je suis motivé par la possibilité de faire des essais ainsi que de comparer et partager mes expériences en lien avec ce sujet.

De mon point de vue, la pression que connaît actuellement l'agriculture vis-à-vis de l'utilisation de produits phytosanitaire, notamment d'herbicide, va représenter un sujet d'actualité et d'avenir prépondérant. Le fait de pouvoir effectuer un travail sur ce thème m'a particulièrement plu.

Pour ma formation, j'ai effectué un stage pour la Direction Générale de l'Agriculture, de la Viticulture et des Affaires Vétérinaires du canton de Vaud, durant lequel, j'ai eu l'opportunité d'effectuer un essai sur une parcelle conduite selon le cahier des charges de l'agriculture biologique, j'ai pu ainsi développer le présent travail.

Mes attentes avant ce dossier ont été de pouvoir améliorer mes connaissances sur la problématique ainsi que la lutte contre les mauvaises herbes dans les cultures et notamment celle des blés bio. L'expérience que cela m'a apporté est bénéfique pour mon exploitation et pour bonifier ma formation. Les événements importants ont été le choix du sujet, la mise en place et le suivi de l'essai, les

rendez-vous avec mes experts et pour finir les recherches effectuées pour la mise  
en valeur des résultats de l'essai.

## Remerciement

Je tiens à remercier tout particulièrement mes deux experts, Vincent Jaunin et Adrian von Niederhäusern pour l'accompagnement, les conseils et leur disponibilité tout au long du projet.

Un grand merci à toute l'équipe de la ferme et notamment à mon associé de m'avoir remplacé durant les périodes où je réalisais mon travail de diplôme. Je remercie également les agriculteurs et conseillers techniques qui m'ont accordé du temps afin de partager leur expérience avec moi.

Merci enfin à ma famille et mon entourage pour le précieux soutien durant l'élaboration de ce dossier et également tout au long de ma formation

Ferlens, le jeudi 5 septembre 2019,

Jonas

Porchet

## 1 Introduction :

Le monde agricole suisse, et dans une autre mesure mondiale, connaît actuellement de forte pression liée à l'utilisation de produits de synthèse et en particulier celle des herbicides. Des initiatives de citoyens inquiets pour leur consommation et des produits mieux valorisés incitent chaque année un peu plus d'agriculteur à se reconverter à l'agriculture biologique.

Pour reprendre une citation de (Schmid, 2013) du FIBL : « Le changement le plus radical lors d'une reconversion à ce mode de production est le renoncement aux herbicides et notamment dans les grandes cultures. » En effet, la rentabilité d'une culture sera déterminée en grande partie par la concurrence des adventices ainsi que par le nombre d'heure de travail pour la régulation manuelle des adventices. En particulier dans notre pays, la Suisse où la main d'œuvre constitue un coût important. Dans les grandes cultures et principalement les céréales, l'objectif devrait être de se passer entièrement de travail manuel.

Le but de ce travail est de comparer différentes pistes de mesures directes et indirecte pour lutter contre les pertes de production liées à une mauvaise maîtrise de ces adventices mais également de permettre d'apporter aux agriculteurs concernés des outils de comparaison et des résultats permettant une lutte efficace contre les adventices en excluant toute intervention d'herbicide.

La problématique étudiée et à résoudre dans cette situation est la lutte contre les adventices en production biologique dans une culture de blé panifiable sur une parcelle où la concurrence en adventices est importante.

La démarche pour atteindre ce but est de montrer et comparer l'efficacité, dans 3 modalités, de la herse étrille, de la sarcluse et de la technique de sous-semis par rapport à la lutte contre les adventices dans un blé bio.

Les objectifs spécifiques sont :

- La comparaison des trois méthodes et du témoin
- La présence d'adventice
- Le peuplement du blé

La publication se fera dans le cadre de mon travail de diplôme pour l'école supérieure d'agrotechnicien. Le moyen de diffusion de l'information vers l'extérieur se fera par une version abrégée du travail sur le site Internet de l'état de Vaud et d'une présentation devant un groupe d'intérêt concerné par la problématique. En outre une affiche A2 sera élaborée pour présenter le résultat du travail.

La durée des essais se fera du 1<sup>er</sup> mars au 31 juillet 2018 pour les observations, l'analyse des résultats et sa mise en valeur est prévue du 1<sup>er</sup> août 2018 au 1<sup>er</sup> mars 2019.

Le plan de la mise en valeur qui suit a été fait selon l'arborescence des travaux scientifiques de la Haute Ecole Spécialisée Bernoise (dorénavant : HAFL) qui comprend un chapitre lié à l'état des connaissances vis-à-vis de la problématique, un chapitre qui présente le matériel et les méthodes utilisées dans l'essai et enfin un chapitre pour la présentation et l'analyse des résultats.

## **2. Corps du sujet :**

### **2.1 Etat des connaissances**

#### 2.1.1 Les adventices

En agronomie, ce terme désigne une plante herbacée ou ligneuse qui se trouve dans un agroécosystème sans y avoir été délibérément installée. Elle concorde aux expressions « mauvaises herbes » ou « herbes folles » dans le langage courant. Le terme « adventice » a été introduit par les agronomes à partir de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle pour remplacer celui de « mauvaise herbe », considéré comme non-neutre. (Wikipedia, 2019)

En Suisse, l'Institut Fédéral Agroscope a mis en place un jardin de plantes adventices dans les années 1990. Ces plantes sont principalement observées comme nuisible dans les cultures maraichères, fruitières, viticoles et en lien avec ce dossier dans les grandes cultures. Ce jardin comprend aujourd'hui « 180 espèces de plus de 30 familles » (AGROSCOPE, 2010)

La flore adventice est examinée comme nuisible au même titre que les ravageurs et les maladies. Cependant, la lutte est sensiblement différente lorsque le mode de production est conventionnel en soit avec utilisation de produits phytosanitaire ou lorsque le mode de production est biologique. (Agronomie, 2009)

Les adventices peuvent être classée dans les catégories suivantes : annuel, pluriannuel, graminée, dicotylédone ou vivaces. Les graminées sont des plantes de la famille des angiospermes (plantes à fleurs) monocotylédones (la graine possède un cotylédon unique). Les graminées ont des fleurs disposées en épi, formé d'une succession d'épillets. Chez les graminées, la pollinisation utilise le vent (anémophilie). (Sciences, 2015) Une plante dicotylédone est une plante angiosperme dont la graine dispose de deux cotylédons.

Les dicotylédones sont aussi identifiables aux caractéristiques de leurs feuilles, de leur racine, et à la présence, chez les formes ligneuses, d'une assise génératrice (le cambium), qui permet la croissance en largeur de leur tronc. Les feuilles, quant à elles, possèdent en général un pétiole et des nervures réticulées, contrairement à celles des monocotylédones, qui sont parallèles entre elles. (Sciences, 2015).

Les adventices vivaces sont problématiques à cause de leur forte capacité de compétition vis-à-vis des espèces cultivées. Cet avantage compétitif s'explique notamment par l'aptitude de ces adventices vivaces à se propager par multiplication végétative, fractionnement ou développement d'organes végétatifs, en plus de la reproduction par les graines comme pour les adventices annuelles. (transfert, 2014)

Tableau 1: Mode de reproduction (Vacher, C., and Metais, P. (2015).)

Type biologique	Durée du cycle	Reproduction sexuée	Multiplication végétative	Exemples
Annuel	1 an	Oui	Non	Gaillet, véroniques, vulpin, folle avoine, sèneçon vulgaire, géranium, chénopode blanc, Ray grass, renouée liseron, laitern, paniq pied de coq
Bis annuel	2 ans	Oui	Non	Carotte sauvage
Vivace	Plusieurs dizaines d'années	Oui	Oui	Chardon des champs, chiendent, liserons, rumex

Le tableau ci-dessus, démontre que le mode de reproduction des adventices est très divers et que la durée des cycles peut aller de 1 an à plusieurs dizaines d'années. (Metais, 2015)

Le maintien durable des adventices dans les sols s'explique par ces différents modes de reproduction mais également par le stock grainier présent dans la terre. Effectivement, si les adventices ne sont pas détruites avant grenaison, elles vont enrichir ce stock semencier. Le milieu, l'hétérogénéité des adventices, les cultures mises en place, les pratiques agricoles vont influencer la présence des adventices dans les grandes cultures. (Cordeau et al. 2016). Lorsque la reproduction de certaines adventices pose de gros problèmes ou que la prolifération est extrêmement rapide. Des plans de lutte vont être mis en place à grande échelle afin de limiter le problème. Comme on peut le voir en Suisse avec le chardon ou l'ambrosie. (OFAG, 2013)

### Nuisibilité des adventices dans les blés bio :

La sensibilité des grandes cultures, et en l'occurrence du blé, par rapport aux adventices et de leur influence sur le rendement dépend de nombreux facteurs et il est difficilement chiffrable. Les pertes peuvent être très variables selon les types de désherbages et de leur efficacité, le type de flore ainsi que leur stade de développement. En l'absence de désherbage chimique par exemple, les pertes de rendements sont plus importantes. Les herbicides ont en effet montré leur efficacité, leur faible coût et leur rapidité de mise en œuvre (Valantin-Morison, 2008)

En agriculture biologique, la maîtrise des adventices représente un point très important et cela sollicite une grande technicité. Le but visé est de maîtriser le développement des adventices pour limiter la concurrence avec la culture principale. (AGRIDEA, 2015)

Selon une étude française (CORDEAU, 2016) basée sur 63 blés dans lesquels aucun désherbage mécanique n'a été effectué, la perte de rendement est proche des 26 quintaux par hectare. Cependant l'étude compare un mode de production avec traitement et un autre sans.

Selon une autre étude, la perte potentielle de rendement est de 23% pour un blé. (Oerke, 2006)

En effet, les plantes indésirées vont entrer en concurrence pour ce qui est de la lumière, des éléments minéraux et de la ressource hydrique. Les nuisibilités à prendre, également, en considération sont la récolte plus difficile de la culture, un risque de germination et une maturité perturbée. Cela se traduit par une perte de production, variable selon les cultures et la flore : de 5 à 20 q/ha sur blé. (ARVALIS, 2016)

La gestion est le contrôle des adventices doivent être intégrés aux itinéraires techniques. D'une manière plus importante que pour l'agriculture conventionnel, en mode de production biologique la gestion de la flore adventice est axée sur la complémentarité entre les méthodes préventives et les désherbages curatifs en

période de végétation. L'étude des différentes techniques est présentée dans le chapitre 2.1.3 du travail. (AGRIDEA, 2015)

Le désherbage des céréales comme le blé comprend les trois principes suivants :

- Avoir le moins d'adventices possible durant la période du semis à la montaison
- Eviter le développement d'adventices problématiques tel que le gaillet, la camomille, l'ortie royale, le rumex, et le vulpin.
- Les conséquences économiques sont acceptables si les adventices représentent moins de 5-10% de la surface du champ (50 adventices par m<sup>2</sup> au tallage) et sans présence d'adventices problématiques cité ci-dessus.

(AGRIDEA-FIBL, 2014)

« Le blé est très sensible à la concurrence des adventices durant le tallage. Le désherbage mécanique évite leur développement, en particulier pour les annuelles comme gaillet, camomille, vulpin, ray-grass, agrostide et brome. Il est difficile de lutter mécaniquement contre les vivaces comme chardon, liseron, rumex et chiendent. » (AGRIDEA-FIBL, 2015)

### 2.1.2 Contexte global, aspects économiques, écologiques :

En agriculture biologique du label Bourgeon Suisse, les prix des grandes cultures et, notamment, du blé panifiable sont extrêmement attractifs. Pour exemple, le prix par décitonne en 2018 était fixé à CHF 106.- alors que le blé conventionnel est à 52.-/dt.

*Annexe 1 : Prix indicatif par mode de production*

Cette différence importante ainsi que des subventions supérieures encouragent chaque année de nouveaux producteurs à faire le pas pour ce changement important de mode de production (BIOSUISSE-FIBL, 2018).

Au niveau écologique, la non utilisation d'herbicide permet de préserver les auxiliaires.

L'utilisation d'herbicides a des impacts non négligeables sur l'environnement :

- Les bordures des routes ou des chemins, ainsi que les places ne retiennent pas les substances toxiques. Les pluies les entraînent dans les eaux souterraines et de surface.
- Les amphibiens absorbent les produits chimiques transportés par l'eau par l'intermédiaire de leur peau. Les herbicides à base de glyphosate ont une influence sur leur croissance, leur développement et peuvent entraîner des malformations.
- Les micro-organismes vivant dans l'eau jouent un rôle important dans les écosystèmes d'eau douce ou marin car ils constituent la base des chaînes alimentaires. Certains organismes aquatiques peuvent subir une baisse de l'espérance de vie et de leur taux de reproduction.
- L'utilisation des herbicides durant plusieurs années peut porter atteinte à la fertilité du sol.

En cas d'applications répétées, les adventices peuvent développer une résistance au glyphosate et autres herbicides. Il sera alors très difficile de s'en débarrasser (DAEC, 2014) « Au niveau mondial, les cas d'adventices devenues résistantes aux herbicides ne cessent de croître. La Suisse n'est pas épargnée par ce phénomène » (N. DELABAYS, 2015)

Les agriculteurs sont de plus en plus montrés du doigt en raison de l'impact des produits phytosanitaires sur l'environnement, comme en témoigne le succès de l'initiative populaire « Pour une suisse sans pesticides », récemment déposée. (LeTemps, 2018) « Nous bénéficions d'une sympathie affolante, affirme Etienne Kuhn, membre du comité d'initiative apolitique « Pour une Suisse libre de pesticides de synthèse », déposée le 25 mai à la Chancellerie fédérale à Berne

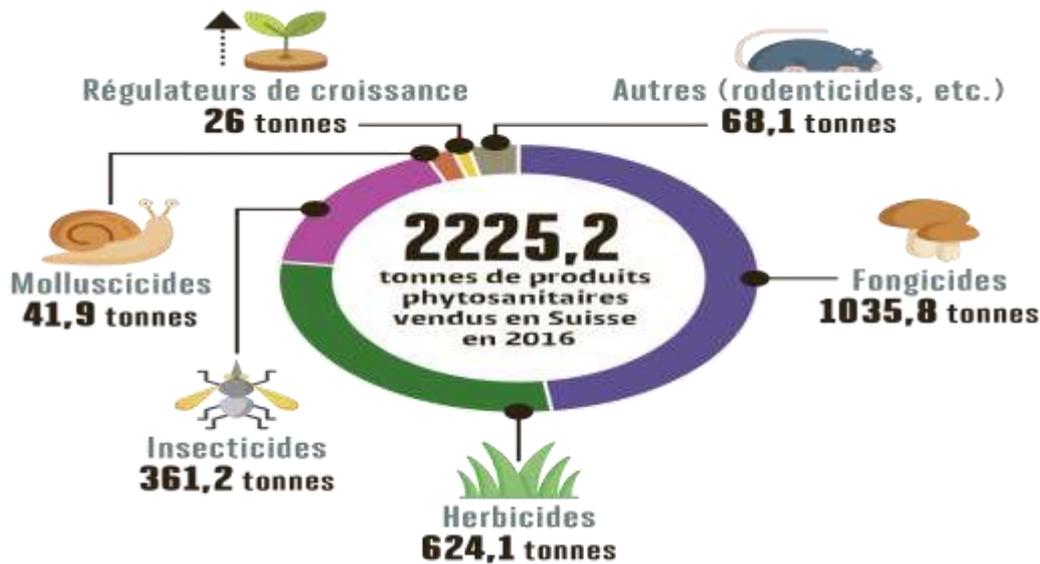


Illustration 1 : Produits phytosanitaires en Suisse (LeTemps, 2018)

Commentaire :

En Suisse, environ 2'200 tonnes de produits phytosanitaires sont vendus chaque année. Cette statistique est selon source 8 le journal Le Temps « à peu près constante depuis une dizaine d'année ». Il est important de relever qu'une part importante de ces produits est utilisée dans l'agriculture cependant une part non négligeable est utilisée pour les jardins, terrains de sport et le long des voies ferrées notamment. On constate que la plus grande part est représentée par les fongicides mais que les herbicides occupent une place prépondérante. (LeTemps, 2018)

Les quantités de produits phytosanitaires commercialisées en Suisse ont nettement diminué depuis 2008, selon l'Office fédéral de l'agriculture. Un recul qui s'explique par une forte baisse de l'utilisation du glyphosate dès 2014 et l'utilisation toujours plus courante des techniques de lutte mécanique. (Letemps, 2018)

La quantité de produits utilisables uniquement dans l'agriculture conventionnelle est en diminution tandis que celle des produits utilisables en agriculture biologique et conventionnelle est en augmentation. (OFS, 2019)

### 2.1.3 Différentes techniques de lutte indirecte et directe

Selon Maurice Clerc (2013) Dans l'agriculture biologique, la lutte contre les mauvaises herbes doit être planifiée sur l'ensemble du domaine. Pour les céréales, les mesures préventives les plus importantes sont :

- Une forte proportion de prairies temporaires dans la rotation culturale, la part limitée de céréale dans l'ensemble de l'assolement et leur place dans la rotation
- Des variétés qui ont un développement juvénile, rapide et couvrant ainsi qu'avec un fort pouvoir concurrentiel.
- Des faux semis avant la mise en place des cultures
- Alternance de cultures d'hiver et de printemps (FIBL-AGRIDEA, 2011)

### Rotation des cultures :

En plus d'être un élément pilier de toute agriculture dite durable, la rotation des cultures joue un rôle primordial dans la gestion des mauvaises herbes nuisibles dans les cultures. (AGRIDEA-FIBL, 2013-2017)

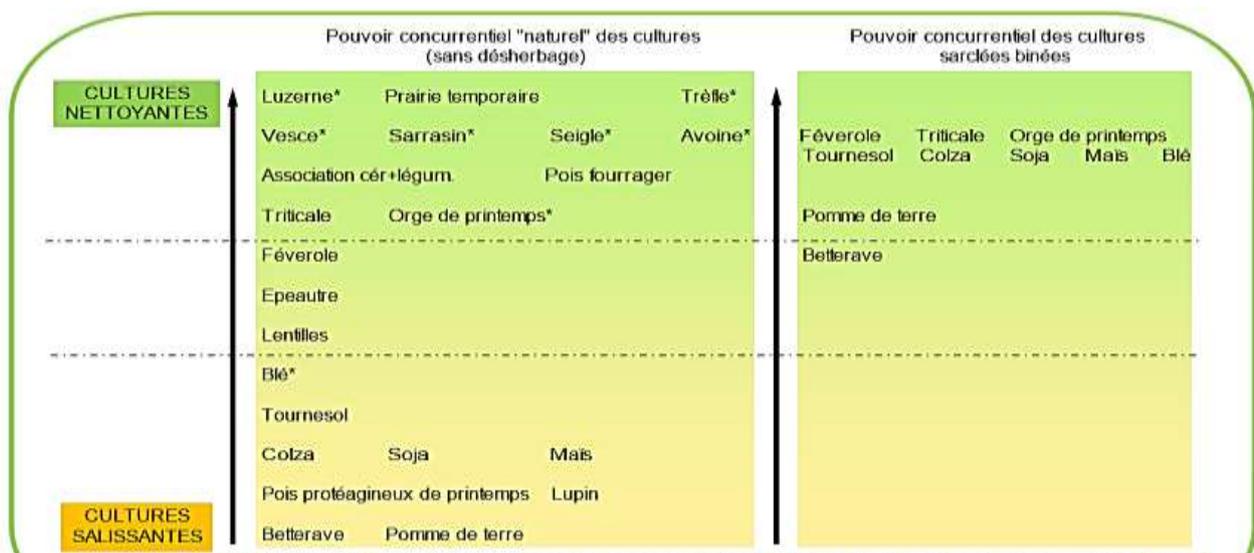


Illustration 2 : Exemple de rotation (Seine-et-Marne, 2016)

Ce tableau peut permettre d'établir une rotation adéquate aux besoins de l'agriculteur tout en prenant en compte le pouvoir concurrentiel.



3 principes généraux sont à relever :

- Introduire des prairies temporaires de minimum 2 ans, ou 3 ans si possible, et de les utiliser intensivement.
  - Alternier les cultures de printemps et d'automne pour perturber le cycle des mauvaises herbes.
  - Alternier les cultures salissantes avec des cultures plus concurrentielles.
- (Seine-et-Marne, 2016)

### **Faux semis :**

Une étape possible dans la gestion des adventices est le faux semis. Il est en général réalisé 3 à 4 semaines avant le semis et il consiste à travailler le sol pendant l'interculture avec des outils tels que la herse étrille, la houe rotative ou les vibroculteurs. (Schmid, 2013). Le but étant de faire germer les mauvaises herbes et les détruire une fois la levée. Le faux semis est dépendant de la météo car un temps sec et doux est important. Une diminution des adventices et une meilleure réussite du désherbage dans la culture suivante sont les buts recherchés. A noter que cette pratique n'est pas efficace contre les vivaces mais a un bon impact sur les annuelles. (AGRIDEA-FIBL, Classeur agriculture biologique, fiche technique 3.1.27, 2010)

### **Couverture du sol :**

Dans le but de compenser les pertes de plantes dues à l'utilisation de semences non traitées ainsi que par le désherbage mécanique, une densité de semis plus élevée (env. + 10%) en bio par rapport à l'agriculture conventionnelle est conseillée. Le fait de mieux et plus couvrir le sol va également permettre d'empêcher des adventices de se développer. (Clerc, 2013)

Les outils de désherbage mécaniques du blé peuvent créer des pertes de rendement qui parfois ont été observées en situations de passage agressif précoce (de 2 à 5 q/ha). Il est donc essentiel de compenser avec une densité de semis supérieure, de l'ordre de 15 %. (Perspectivesagricoles, 2010)

**Date de semis :**

En céréales à paille, un décalage de la date de semis permet de limiter les levées des graminées automnales. L'efficacité de cette technique est d'autant plus importante qu'elle est couplée à un faux-semis. Au-delà d'un décalage de 15 jours il faut bien évaluer le bénéfice par rapport au risque. En effet, cette technique présente également des inconvénients comme des conditions d'implantation plus difficiles, une diminution de potentiel de rendement. (Draaf, 2018)

**Variétés**

Le choix d'une culture ou d'une variété couvrante, influençant la distribution de la lumière, permet de réduire l'infestation des adventices. Le triticales est plus compétitif qu'un blé. Entre variétés de blé cultivées, des différences existent : la concurrence joue sur des niveaux de 10 à 15 % sur l'infestation des mauvaises herbes. (Arvalis, 2017)

**Travail du sol :**

Dans les trois grands types de travail du sol utilisé en Suisse à savoir : (AGRIDEA-FIBL, 2013-2017)

- Le labour plus ou moins profond (15-30 cm)
- Le travail superficiel du sol (Chisel, vibroculteur, herse à disque, scalpeur)
- Le semis direct (travail se limitant à la ligne de semi)

Tous n'ont pas le même rôle de levier contre les adventices. Le moyen le plus efficace est le travail du sol qui permet un enfouissement profond des graines et une destruction des adventices est le labour. En effet, pour lutter contre le dicotylédone ou graminée annuel, il va permettre une efficacité de lutte très intéressante. (CASDAR, 2009-2010)

### Limiter l'augmentation du stock semencier :

Une mesure de prévention dans la maîtrise des adventices en grande culture sans herbicide est de limiter l'augmentation du stock grainier dans la parcelle. Pour ce faire les points suivants sont à respecter :

- Eviter la montée à graines et la dissémination de celle-ci dans la parcelle
- Faucher ou broyer les bords de parcelle (bande herbées, forêt, fossé)
- Eviter d'amener des graines par les engrais organiques, la paille, le foin et favoriser un compostage, même court (8 à 10 jours), de ceux-ci.
- Utiliser des semences triées, certifiées et exemptes de graines d'adventices
- Nettoyer les outils de culture, de travail du sol, les moissonneuses-batteuses pour empêcher l'importation de graines

(CASDAR, 2009-2010)

### Différentes techniques de lutte directe

« Après la Seconde Guerre mondiale, les herbicides ont rendu le désherbage plus efficace et plus rapide. Leur usage massif montre aujourd'hui ses limites. Le désherbage mécanique peut être l'une des solutions permettant de réduire les risques liés à l'utilisation de la méthode chimique. » (ECOPHYTO, 2013)

La prise en compte des pratiques culturales dans leur ensemble est donc indispensable à la mise en place des stratégies alternatives. Si les conditions climatiques ne permettent pas de valoriser une part du programme en mécanique, (Prévention des mauvaises herbes - Grandes cultures, 2002),

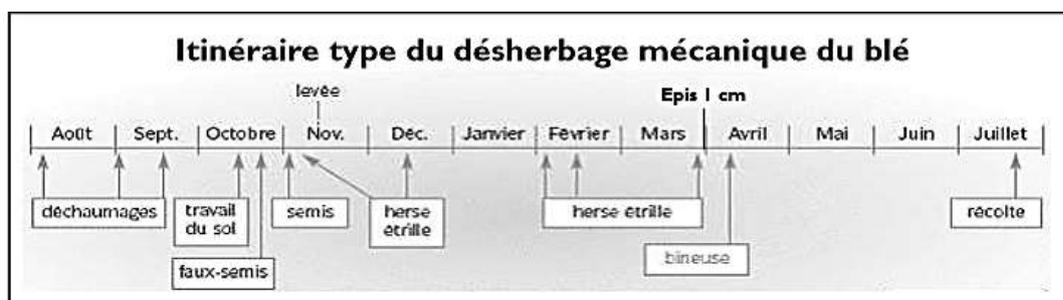


Illustration 3 : Itinéraire du désherbage (CA, 2006)

## **Herse étrille**

La herse étrille (6m) qui a été utilisée pour l'essai, selon la fiche technique 3.3.23, AGRIDEA, convient dans la culture de blé pour :

- Les faux-semis
- Le hersage à l'aveugle (prélevée)
- En post levée (jusqu'à la montaison)

Cette machine est efficace sur les jeunes adventices (50 à 70 % d'efficacité selon (ACTA, 2016)), elle permet également d'aérer le sol en surface et sans faire des dégâts à la culture principale. La herse étrille est en tendance plus efficace que la houe : elle peut éliminer jusqu'à 95 % de plantules à moins de 3-4 feuille. (Perspectives agricoles, 2010)

En ce qui concerne la technique d'utilisation, et pour favoriser un travail optimal, il faut privilégier des interventions par beau temps avec un sol bien ressuyer mais non croulé. 1-2 jours de temps sec après le passage sont importants pour griller les mauvaises herbes. Le hersage superficiel est important afin de ne pas faire germer de nouvelles adventices par un brassage trop important de la terre. (AGRIDEA-FIBL, Classeur agriculture biologique fiche technique 3.1 et suivante, 2013-2017)

Pour conclure, l'état du sol et de la culture ainsi que le développement des adventices vont déterminer la vitesse d'avancement, l'agressivité des dents et la profondeur de travail. La herse étrille n'est pas efficace pour lutter contre les vivaces, inutilisable si du fumier a été épandu au printemps et il est moins performant en sol lourd. (Seine-et-Marne, 2016)

## **Coûts et efficacité :**

Pour pouvoir comparer les résultats et intégrer une comparaison économique, je me suis basé sur les données ART (AGROSCOPE, calcul couts machines, 2018) :

- Capacité de travail : 200 are/heure
- Prix d'achat moyen : CHF 8'900.-
- Couts fixes/an= CHF 811/an

- Coûts variables= CHF 4.01/ha

Stade céréale d'hiver	Post-semis / Prélèvement	Levée/ 1 feuille	2-3 feuilles	Tallage	Début montaison Epi 1 cm	2 nœuds Epiaison
Stades des adventices	En germination Stade filament	Non conseillé	Stade jeune – 2-3 feuilles maxi			Gailllets et vesces développés
Vitesse avancement	8-12 km/h		4 km/h	6-8 km/h		8-10 km/h
Agressivité Inclinaison dents	Faible à moyenne		Faible	Moyenne à forte		Moyenne
Perte pour la culture	Nulle	Forte	Faible	Nulle		Nulle

Illustrations 5 : Stade d'interventions (CASDAR, 2009-2010)

## Sarclouse

On peut trouver plusieurs types de sarclouses :

- Sarclouses à dent rigides ou dents flexibles utilisée pour l'essai
- À étoiles
- À brosse rotatives
- Sarclouses-butteuse

Les interventions avec ce type de machine sont possibles jusqu'à 6-8 feuilles

La bineuse constitue sans conteste le matériel au potentiel de développement le plus élevé, même si elle oblige à opter pour un écartement large au moment du semis. (Perspectives agricoles, 2010)

Les objectifs du sarclage sont bien entendu la destruction des mauvaises herbes mais aussi de décrouter le sol ainsi que de stimuler la minéralisation. La qualité du sarclage dépend de nombreux critères : (météo, état du sol, réglage de la machine, vitesse d'avancement, développement racinaire des adventices.) (AGRIDEA-FIBL, 2013-2017)

Cette machine est efficace contre les adventices à réseau racinaire important tel que le gailllet et le chardon. Il faut un interligne adapté à la machine et les dégâts à la culture peuvent être importants si l'utilisation est mauvaise.

Réalisé dans des conditions optimales, le sarclage peut éliminer la quasi-totalité des adventices entre les rangs. Il peut par contre être inefficace si les conditions sont défavorables et si les mauvaises herbes sont trop développées. (UFA, 2018)

Selon les données ART (AGROSCOPE, calcul couts machines, 2018)

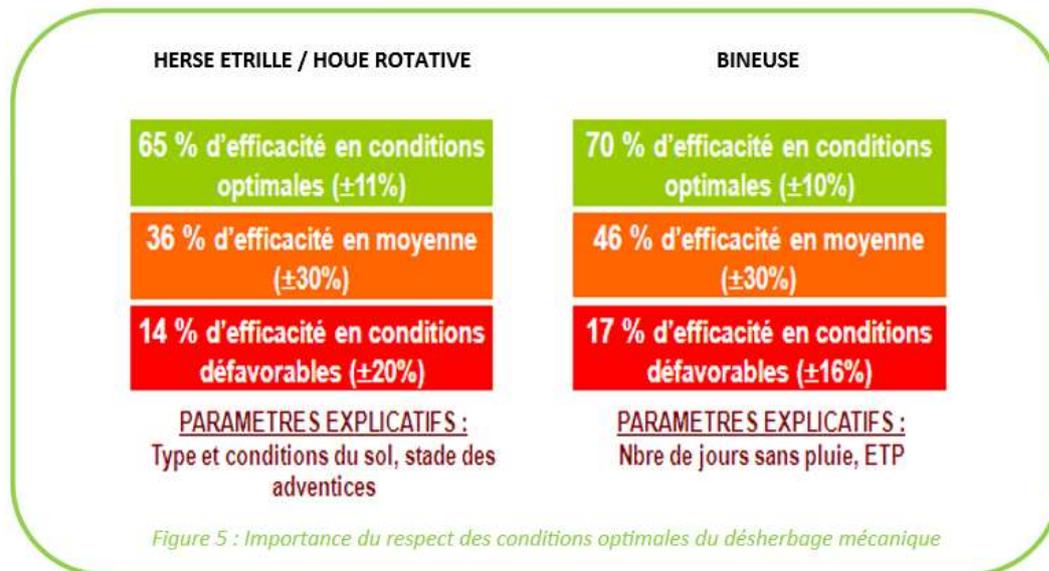
- Capacité de travail : 100-145 are/heure selon le type de machine
- Prix d'achat moyen : CHF 7'600 à 16'500.-
- Coûts fixes/an : CHF 791-1400.-/an
- Coûts variables : CHF 15.20-19.-/ha

Si l'on rajoute l'option de la caméra :

- Prix d'achat moyen : CHF 26'000.-
- Coûts fixes /an : CHF 2144.-
- Coûts variables : CHF 7.94.-/ha

Stade céréale d'hiver	Post-semis / Prélevée	Levée/ 1 feuille	2-3 feuilles	Tallage	Début montaison Epi 1 cm	2 nœuds Epiaison
Vitesse avancement	Non conseillé				2-5 km/h	
+ guidage caméra				Jusqu'à 14 km/h		
Ecartement culture				> 20 cm		
+ guidage caméra				< 20 cm		
Perte pour la culture				Forte		

Illustration 6 : Période de désherbage (CASDAR, 2009-2010)



*Illustration 7 : Importance du respect des conditions de désherbage (CETIOM, 2011)*

L'efficacité moyenne d'un passage de herse ou de houe est de 36 % (figure 1), avec des variations allant de 0 %, en conditions de sol défavorables, à 70 % en sol ressuyé. Pour un binage, l'efficacité moyenne s'élève à 46 %, avec des variations allant de 15 à 80 %. Les efficacités sont généralement plus satisfaisantes sur dicotylédones (60 % contre 45 % sur graminées). (Perspectives agricoles, 2010)

Contrairement à la herse étrille et à la houe rotative, la bineuse a une action efficace (70 à 100 %) sur les adventices développées (jusque 3 à 6 feuilles). Cet outil est donc approprié à des passages plus avancés dans le cycle de la culture (à partir du tallage pour les céréales). (CASDAR, 2009-2010)

### **Sous-semis :**

Selon la fiche technique du classeur agriculture biologique (AGRIDEA-FIBL, 2014), « Les sous-semis jouent un rôle bénéfique pour couvrir le sol et concurrencer les adventices en germination. ». Il existe différentes possibilités de choix des plantes pour les sous-semis mais les critères suivants sont à prendre en compte :

- Compatibilité avec la plante cultivée, peu de concurrence pour celle-ci et rythme de croissance adapté
- Couverture du sol rapide et pouvoir élever de concurrence des mauvaises herbes

- Supporte le piétinement et reste en place après la récolte
- Tolérance à l'ombre due à la culture en place »

Le conseiller technique de Prometerre, Gérald Huber affirme que « les plantes adaptées sont les espèces de trèfle : notamment trèfle blanc et trèfle violet, mais aussi trèfle incarnat, trèfle d'Alexandrie, trèfle souterrain ».

En plus de la concurrence contre les adventices, les sous-semis permettent une protection contre l'érosion, une multiplication des auxiliaires, réduction de perte et apport d'azote, utilisation potentiel de fourrage après la récolte. Cependant des points sont à prendre en compte tel que le coût de la semence mais qui peut être comblé par une aide financière pour cette mesure selon les cantons, du travail supplémentaire et la non réussite à cause de la concurrence éventuelle pour l'eau ou la lumière. (Bioactualité, s.d.)

PROJET SOL VAUD : Mesure destinée uniquement aux terres ouvertes en labour et aux cultures spéciales (sauf arbo.). Le but étant de favoriser les moyens de lutte alternatifs contre les adventices (cultures associées ou désherbage mécanique). Soutient financier dans le canton de Vaud de CHF 400.-/ha pour les grandes cultures.

(Prometerre, 2014)

## 2.1.4 Coûts et capacité de travail

Tableau 2 : Coûts machines (Calculateur marge brutesojobio, 2018)

Nom de la machine (prix neuf)	UT	T	Besoin traction hT/UT	Frais traction variables Fr./UT	Frais traction avec suppl. GPS	Frais mach. variables Fr./UT	Location machine Fr./UT	Travaux par tiers Fr./UT
<b>Entretien, désherbage et fumure</b>								
<b>2a</b> Herse étrille, hydraulique, 9 m	ha	1	0,44	5,35	7,55	4,20	22	70
<b>2b</b> Herse-étrille, 6 m	ha	1	0,53	6,44	9,09	4,01	22	70
<b>2c</b> Herse étrille rotative, 6 m	ha	2	0,60	8,47	11,47	23,00	78	135
<b>2d</b> Sarcluse à betteraves avec doigts Kress, 6 rangs	ha	2	1,00	14,11	19,11	43,07	95	175
<b>2e</b> Sarcluse av. doigts Kress, 6 rangs, contrôle caméra	ha	2	1,00	14,11	19,11	51,32	151	231
<b>2f</b> Sarcluse à bett. avec bineuse à torsion Kress, 6 rangs	ha	2	1,00	14,11	19,11	30,60	70	150
<b>2g</b> Sarcl. avec bineuse à torsion Kress, 6 r., contr. caméra	ha	2	1,00	14,11	19,11	38,85	126	206
<b>2h</b> Sarcluse à betteraves, 6 rangs, 3 m	ha	1	1,00	12,15	17,15	19,17	53	133
<b>2i</b> Sarcluse à bett., 6 rangs, 3 m, avec contrôle caméra	ha	1	1,00	12,15	17,15	27,42	109	189
<b>2l</b> Pulvérisateur porté, 12 m, réservoir 600 l	ha	1	0,82	9,96	14,06	12,13	46	94
<b>2m</b> Personne supplémentaire pour conduire la sarcluse	h					28,00	28	28

## 2.1.5 Avis des agriculteurs

François Devenoge, Dizy VD

« Nous installons systématiquement un mélange herbager dans tous nos champs de blé, à l'aide d'une herse étrille dotée d'un semoir pneumatique. Nous semons au moment du deuxième passage de herse étrille et roulons systématiquement les semis. A la sortie de l'hiver suivant, nous gardons les mélanges herbagers qui se sont bien installés et nous détruisons les autres, que nous remplaçons par des cultures de printemps. Ainsi, nous avons toujours assez de fourrage pour nourrir notre bétail ».

Claude-Alain Gebhard, Vaux-sur-Morges VD

« Je mets en place toutes mes prairies temporaires ainsi que les plantes accompagnatrices dans les céréales à l'aide d'un semoir à semis direct à doubles disques. La herse du semoir a un effet d'étrillage. Cela fait plus de 20 ans que je pratique ainsi et le semis direct m'apporte de meilleurs résultats en condition sèches. Les céréales qui s'y prêtent le mieux sont le triticale et les blés à brins courts. Il est important que les champs soient propres. Je sème dès que possible à la sortie de

l'hiver, après le purinage et un premier passage de herse étrille. Le semis doit être suivi d'une période de pluie. »

Hubert Fleury, Courfaivre JU

« J'ai pratiqué le sous-semis pendant de nombreuses années mais j'y renonce depuis que je sarcle mes céréales. La sarcleuse ne laisse pas le sol assez plat et ressort beaucoup de cailloux, si bien que je préfère désormais mettre mes prairies en place après moisson avec un semoir à céréales après un travail superficiel du sol. J'y ajoute de l'avoine en tant que culture protectrice.

Francis Bapst, Cormagens, FR :

« Je suis motivé par les techniques de désherbage car je suis convaincu que, pour l'instant, nous ne pouvons malheureusement pas nourrir la planète entière qu'avec de l'agriculture biologique, toutefois il est certain que nous avons abusé des ressources naturelles et des produits phytosanitaires par le passé. Selon moi, c'est une agriculture de précision, avec une utilisation raisonnée de ces produits qu'il faut mettre en avant. La technologie actuelle permet de désherber facilement bon nombre de cultures sans avoir recours aux herbicides.

Un guidage caméra avec supplément palpeurs sont selon moi indispensables pour un sarclage de précision ! La caméra permet d'aller très très proche des plantes et ainsi éviter l'apparition d'adventices entre les plantes. De plus, elle permet de butter de la terre sur le rang lors du 2<sup>-ème</sup> passage. Les palpeurs permettent de pouvoir effectuer un passage juste avant que les feuilles ne se touchent entre les rangs. Ainsi les adventices sont arrachés et peu de temps après il y a de l'ombre sur toute la surface de l'inter-rang.

Le relevage hydraulique des éléments est un atout, particulièrement en bio : on ne peut pas se permettre de ne pas sarcler jusqu'au bout car les adventices en profiteraient. Comme les éléments sont lourds, il n'est pas possible de descendre du tracteur pour lever chaque élément à la main lorsque le champ finit en triangle. La perte de temps serait énorme et les éléments pèsent plus de 55 kg chacun.

Le GPS permet un confort très intéressant, le vérin qui guide la sarcleuse est réactif, il a aussi une bonne marge de course, toutefois des coups de volants peuvent

rapidement péjorer la qualité du sarclage. Le chauffeur est aussi beaucoup plus attentif sur les réglages et le travail à l'arrière s'il n'a pas besoin de regarder devant. Une communication des lignes de guidage du semi pour le sarclage est la combinaison absolue, ainsi même dans les courbes le tracteur est régulier et précis et la caméra de la machine peut compenser le virage sans problèmes. »

### **3 Matériel et méthode**

Pour l'élaboration de mon travail et dans le but de récolter un maximum d'informations liées à la problématique étudiée, des recherches sur internet, dans différentes littératures agricoles ainsi que des interviews et discussions ont été effectuées. Mes deux experts pour ce travail, à savoir Vincent Jaunin et Adrian von Niederhäusern, ont joué un rôle clés pour me guider dans le suivi des essais ainsi que leur mise en valeur. Il a été également possible de s'entretenir avec des agriculteurs qui m'ont fait partager leur expérience par rapport à la gestion des mauvaises herbes en bio et à l'utilisation des différentes techniques ou méthodes utilisées dans les essais. Un entretien avec Gérald Huber qui a une bonne expérience de travail avec le thème choisi a été un complément important pour la rédaction de mon dossier.

*Annexe 2: calendrier des tâches et planification*

### 3.1 Présentation de l'essai

Tableau 3 : Carnet des champs (Porchet, 2018)

Calendrier des tâches/planification	Responsable	Délais	Commentaires
Passage de la herse étrille	Vincent Jaunin	Début avril 2018	Piquetage et observation Supervisé par Jonas Porchet
Passage de la sarcleuse	Vincent Jaunin	Début mai 2018	Piquetage et observation Supervisé par Jonas Porchet
Semis de trèfle (sous-semis)	Jonas Porchet	Fin mai 2018	Avec passage de herse étrille, observations
Comparaison et analyse	Jonas Porchet	Fin aout 2018	Analyse des comptages et de l'état de la culture
Rédaction et élaboration du dossier	Jonas Porchet	Début mars 2019	Mise en valeur des résultats



**Lieu de récolte des données :**

Illustration 8 : Grange Verney (Vaud, 2018)

Les données ont été récoltées sur une parcelle du domaine de la ferme-école de Grange-Verney à Moudon. Ce site a été choisi par le fait qu'une partie de mon stage d'agrotechnicien s'y est déroulé et que des parcelles du domaine ont été cultivées en bio. Cela m'a permis de pratiquer ces essais en lien avec la problématique des adventices dans les blés bio. La description du site au niveau topographique, du climat et de la parcelle se trouve ci-dessous.

Le domaine pédagogique de Grange-Verney est situé sur les hauteurs de la ville de Moudon, sur la route qui mène en direction de Bussy-sur-Moudon. Il est composé de 54 hectares de surface agricole en plaine ainsi que 30 hectares d'alpage à Château d'Œx. (Vaud, 2018)

La parcelle concernée se nomme L 2, le point le plus haut de la parcelle se trouve à une altitude de 555 mètres d'altitude et le point le plus bas à 538 mètres d'altitude. On peut constater une légère pente et elle se situe en bordure de route ce qui peut avoir une incidence sur le développement de certaines mauvaises herbes.

L'accès se fait facilement par la route, le travail avec les machines de désherbage est possible mais un talus empêche de travailler dans la longueur sans avoir besoin de faire des passages en travers du sens de semis.

L'orientation de la parcelle est bonne et permet un excellent ensoleillement. Il n'y a pas de zone ombragée, humide ou marécageuse.



## Topographie

Illustration 9 : Plan de la parcelle d'essai à Moudon en 2018 : (SWISSTOPO, 2018.)

**Climat :**

Le vent dominant est la bise. Elle remonte la vallée de la Broye et il n'y a aucune barrière naturelle pour l'arrêter. C'est pour cette raison que les fermes anciennes sont orientées face au Sud-Est. Cette forte pression de la bise provoque parfois des dégâts dans les forêts.

En ce qui concerne les données, je me suis basé sur les résultats du site internet Agro météo (Agrométéo, 2019)., qui se base sur les résultats de Moudon. A noter que le climat souhaité pour un blé d'automne est tempéré et pas trop pluvieux (600-1000mm pendant la végétation. (AGRIDEA-FIBL, 2013-2017)

*Tableau 4 : Précipitations annuelle en mm depuis 10 ans dans la région Moudonnoise (SWISSTOPO, 2018)*

<b>MOUDON</b>	
<b>Paramètre</b>	Prec. tot.
<b>Unité</b>	Mm
<b>2008</b>	974.2
<b>2009</b>	759.0
<b>2010</b>	753.2
<b>2011</b>	702.0
<b>2012</b>	1169.6
<b>2013</b>	1294.8
<b>2014</b>	1225.6
<b>2015</b>	790.4
<b>2016</b>	1213.8
<b>2017</b>	686.7
<b>2018</b>	845.4

On constate que l'année 2018 a connu moins de précipitation en moyenne en comparaison des 10 dernières années, cependant l'année 2018 qu'on peut qualifié de sèche à eu plus de précipitation que 2015 et 2017.

Tableau 5 : Température moyenne des dernières années, région moudonnaise (SWISSTOPO, 2018)

Lieu	MOUDON
<b>Paramètre</b>	Température moy.
<b>Unité</b>	°celsius
2008	8.8
2009	9.3
2010	8.4
2011	10.0
2012	9.2
2013	8.5
2014	10.3
2015	10.3
2016	9.5
2017	11.3
2018	10.8

Les température moyenne sont en augmentation depuis l'année 2011, qui peut s'expliquer par des années de sécheresse et un réchauffement climatique.

Etat de la parcelle :

Cette parcelle choisie était au moment de l'essai en première année de reconversion en bio. La pression adventice y est relativement forte, la structure du sol est bonne et les différentes interventions ont pu être effectuées dans de bonne conditions.

Rotation :

La rotation choisie pour la partie bio du domaine comprend :

Tableau 6 : Plan de rotation (Porchet, 2018)

Blé	Maïs	Protéagineux	Prairie Temporaire	Prairie Temporaire
-----	------	--------------	-----------------------	-----------------------

Culture :

Pour la 1<sup>ère</sup> année, sur cette parcelle, du blé panifiable d'automne a été choisi. Le précédent était de la betterave sucrière.

Variété :

Blé d'automne WIWA :

Année d'inscription à la liste variétale : 2005, classe : top, rendement : moyen  
 Précocité à l'épiaison : Mi-tardif, hauteur des pailles : longues, très bonne qualité  
 boulangère, niveau de disponibilité bio ; 1, globalement bonne résistance aux  
 maladies sauf la rouille brune

**Couverture (potentiel concurrence adventice) : ++=Bon**

**Carnet des champs de la parcelle nommée L2 :**

*Tableau 7 : Carnet des champs de la parcelle (Porchet, 2018)*

Travail du sol :	Le 17.10.2017	Chisel
Semis	Le 20.10.2017	Direct, 215 kg/ha
Engrais :	16.10.2017	Fumier, 12 t/ha
	22.03.2018	Lisier, 20 m3/ha
	19.04.2018	Lisier, 20 m3/ha
Interventions :	27.10.2017	Herse étrille
	10.04.2018	Sarclouse
	12.04.2018	Herse étrille
	18.04.2018	Sous-semis
	20.04.2018	Herse étrille
	26.04.2018	Arrachage rumex
Récolte	14.07.2018	
Rendement :		40 dt/ha, 80 poids HL et 13.1 de protéine

### **Analyse des risques de la parcelle**

La parcelle concernée par l'essai ainsi que de manière générale sur le domaine de Grange-Verney connaît une forte pression de mauvaises herbes et notamment de chénopode amarante.

Tableau 8: Analyse de terre (Porchet, 2018)

Laboratoire et bureau d'étude au service de l'agriculture et de la protection de l'environnement





### RAPPORT

N° échantillon: 16-00722-002  
 Nom de l'échantillon: L 2  
 Matériel: TERRES  
 Profondeur de prélèvement: 2-20cm

#### CARTE DE VISITE

Paramètre	Méthode	Résultat	Unité	Interprétation
Gravier	Estimation visuelle	<10%		peu graveleux
Taux d'argile <small>NA</small>	Test tactile	10 à 15%		sol léger à moyen sableux
MO	Corg(MO)	3,3	%	riche
pH	pH H2O	7,6		alcalin
CaCO3 tot.	CaCO3	10,8	%	peu calcaire

NA: analyse non accréditée

#### ELEMENTS RESERVE

Paramètre	Méthode	Résultat	Unité	Interprétation					F.corr.
				peuvr	méfio	satisf	riche	très riche	
P	AAE10	108,4	mg/kg						0,0
K	AAE10	178,7	mg/kg						1,0
Mg	AAE10	346,1	mg/kg						0,2

Analyse de sol datant de 2016, qui montre un sol léger à moyen, plutôt sableux, riche en matière organique, avec un pH alcalin et peu calcaire. Cette parcelle, par ses analyses est plutôt favorable à la réussite d'une culture de blé qui sont un type de sol moyen-Lourd avec un ph optimal entre 6.0 et 7.5.

### 3.2 Les modalités

**Variante 1** : Sous-semis + herse étrille (2 passages)

**Variante 2** : Sarclage et herse étrille (1 passage de chaque)

**Variante 3** : Herse étrille (2 passages)



Illustration 4 : Plan des variantes (Porchet, 2018)

Bande de 6m

- 1) Sous-semis de trèfle herse étrille 6 m
- 2) Herse étrille largeur 7.5m entre
- 3) Sarcleuse + Herse étrille 6m depuis passage herse étrille direction route

**Blé de printemps**

**Témoin**

A partir de début mars, après la période de froid : sarcleuse ou herse étrille 1<sup>er</sup> passage

Fin tallage : sous-semis + herse étrille

Sous-semis : trèfle blanc et trèfle violet court, ex. variété « diploïde » pour le violet

Résultat et comparaison :

- Nombres adventices au m<sup>2</sup>
- Peuplement de blé au m<sup>2</sup> sortie hiver et après la 1<sup>ère</sup> intervention de désherbage

Observations

- Efficacité des machines // aux adventices

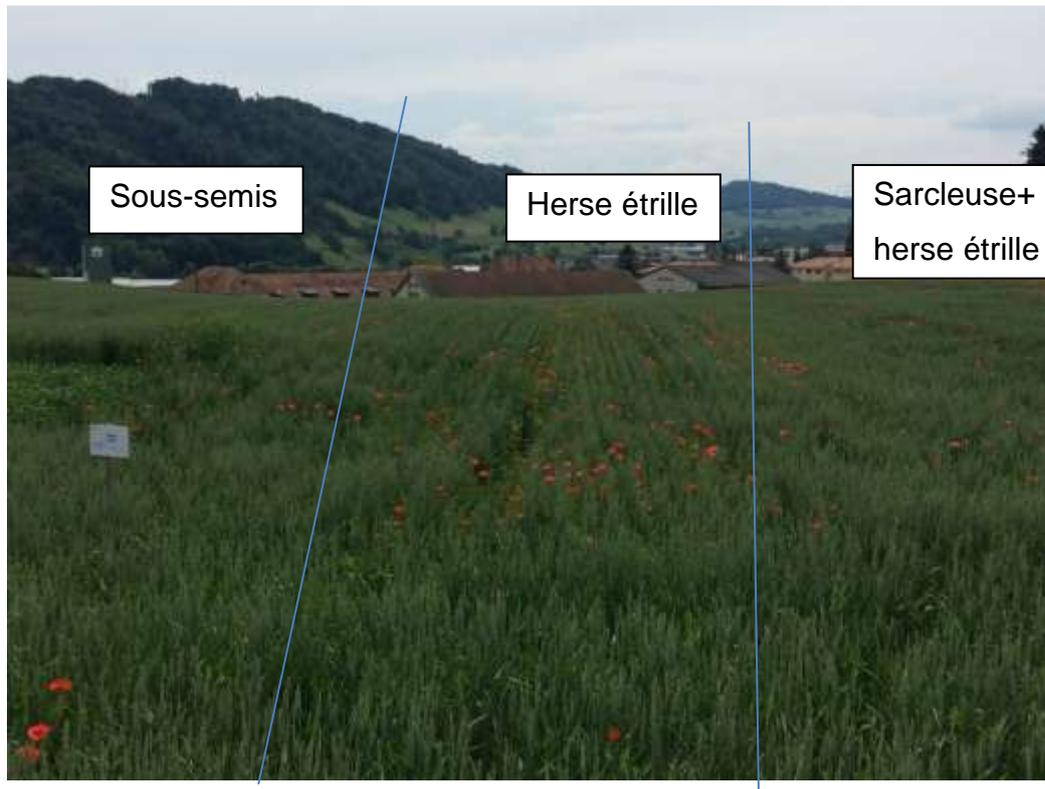
Discussions :

- Comparaisons autres essais
- Influence sur le rendement
- Influence du point de vue économique

Moment des observations :

- Sortie Hiver
- Avant le 1<sup>er</sup> passage de machine
- Après 1<sup>er</sup> passage de machine
- Avant semis du trèfle blanc et violet
- A la levée du sous semis. (2semaines après semis et passage herse étrille)
- Après la récolte par rapport au rendement et l'état de la parcelle

Dans le but d'avoir des résultats analysables et comparables tous les chiffres seront mis au m<sup>2</sup>.



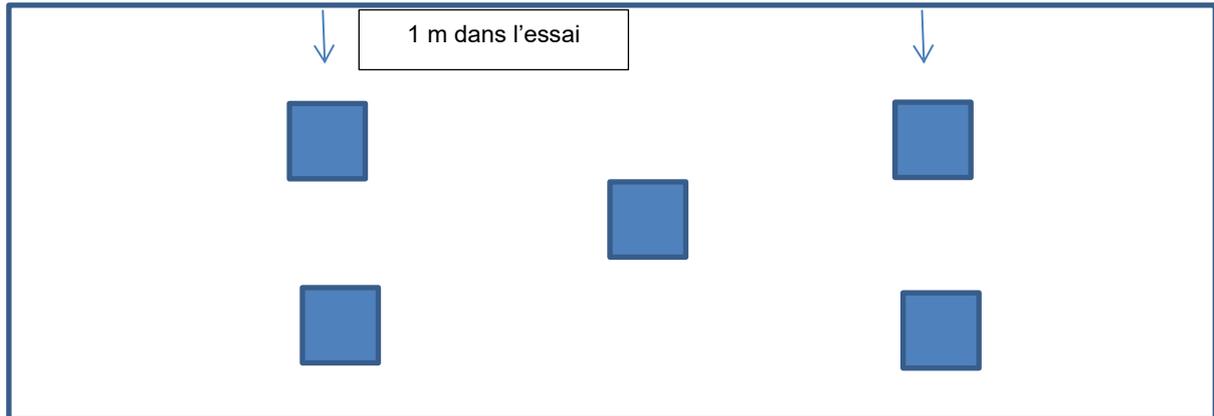
*Illustration 5 : Différence entre les bandes d'essai (Porchet, 2018)*

### 3.3 Présentations des facteurs étudiés lors de comptage :

Dans chaque bande d'essai, 5 points de comptages fixes établis et la moyenne sera prise en considération. De cette manière nous pourrons être représentatifs de l'état général de la parcelle :

Dans chaque bande d'essai 5 point de comptage fixe établi et la moyenne sera prise en considération, de cette manière nous pourrons être représentatifs de l'état général de la parcelle :

**Mesure effectuée avec un cadre de 25 cm sur 40 cm= 0.1m<sup>2</sup> x 10= 1m<sup>2</sup>**



*Illustrations 11 : Zone d'échantillonnage (Porchet, 2018)*

### **Méthode et matériel pour récolter les données :**

A chaque moment choisi d'observation, les comptages ont été effectués sur le champ à l'aide du cadre suivant :

La taille du cadre a été choisie dans le but de pouvoir retranscrire facilement les résultats au mètre carré sans devoir effectuer des comptages trop longs et fastidieux.



*Illustration 6 : Couverture du sol (Porchet, 2018)*

Les données étaient ensuite notifiées sur des feuilles préparées à l'avance avant de les transcrire sur un fichier de récolte de données.

Pour la modalité 1, un semoir de pression à la volée a été utilisé pour effectuer le sous-semis. Les semences de trèfles blanc (court) de la variété PEPSI et de trèfle violet (court) de la variété MERULA ont été effectués. La densité de semis choisi a été de reprendre le modèle d'essai de pro conseil et de viser une densité de 3 kg/ha de trèfle blanc et de <6 kg/ha trèfle violet soit 9kg ha au total.



*Illustration 7 : Semoir de précision (Porchet, 2018)*

Pour la modalité 2 : une herse étrille d'une largeur de 7,5 mètres,



*Illustration 8 : Herse étrille (Porchet, 2018)*

Pour la modalité 3 : Une sarcleuse Garford.



*Illustration 10 : Sarcleuse (Porchet, 2018)*



*Illustration 9 : Sarcleuse avec tracteur (Porchet, 2018)*

## 4 Résultats

En préambule, il est nécessaire d'être attentif au fait que les résultats suivants sont basés sur un essai d'une année (ou essai dit « on Farm »), sans répétitions et sur un seul site.

Les essais ne sont pas considérés comme scientifiques car il n'y a pas eu de répétition et ni plusieurs lieux de comptage. Les résultats donnent ainsi une tendance et doivent être interprétés avec prudence. Pour chacune des méthodes, un passage de herse étrille en prélevée à été effectué.

Tableau 9 : Peuplement (Porchet, 2018)

Bande essai	Catégorie	Comptage 1 24.03.2018 sortie hiver	Comptage 2 14.04.2018 après passage sarcluse et étrille	Diminution de peuplement entre le 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>ème</sup> comptage de
<b>Variante 1 (Sous-semis +étrille)</b>	Peuplement du blé	57.2 plants par m2	46.8 plants par m2	19%
<b>Variante 2 (Sarclage +étrille)</b>	Peuplement du blé	53.4 plants par m2	49.3 plants par m2	8%
<b>Variante 3 (Herse étrille)</b>	Peuplement du blé	57.2 plants par m2	43.4 plants par m2	50.3
<b>Témoin</b>	Peuplement du blé	56.2 plants par m2	56 plants par m2	56.1

Commentaires :

On remarque pour la variante 1 que le peuplement après hiver était de 57.2m et qu'il a diminué à la suite de passages des machines à 46.8, diminution de 19%. La variante sarclage et herse étrille combiné comptait un peuplement de 53.4 après hiver et 49.3 plants soit une diminution de 8 % par m2 une fois les interventions effectuées. Pour la variante du sous semis, le nombre de plants est passés de 57.2 à 43.4, soit une diminution de 25%.

## 4.1 Résultat en champ et économique

*Annexe 3 : comptages effectués*

Commentaires :

Pour la variante 1, la diminution de la présence d'adventices est à relever entre le

*Tableau 10: Comptages adventices (Porchet, 2018)*

Bande essai	Catégorie	Comptage 1 24.03.2018	Comptage 2 14.04.2018	Comptage 3 18.04.2018	Comptage 4 24.05.2018
<b>Variante 1 (Sous-semis+ étrille)</b>	Adventices	52	38	48	42
<b>Variante 2 (Sarclage+étrille)</b>	Adventices	42	36	38	30
<b>Variante 3 (Herse étrille)</b>	Adventices	87	38	44	24
<b>Témoin</b>	Adventices	58	84	86	104

1<sup>er</sup> comptage sortie hiver et le deuxième après le passage de la herse étrille, permettant de diminuer de 52 à 38 adventices au m<sup>2</sup>. Une augmentation est à relever au comptage 3, soit quelques jours après. La présence au dernier comptage est inférieure. Pour la variante avec l'utilisation de la sarcluse, le travail combiné des machines a permis de diminuer de 42 à 30 au dernier comptage, la présence d'adventice. Pour la herse étrille, une forte présence (87) sortie hiver qui a fortement diminué. Pour la partie témoin, le nombre d'adventices au m<sup>2</sup> est passé de 58 après hiver, à 84,86 et 104 adventices au m<sup>2</sup> au dernier comptage.

Remarques :

Je précise que le sous-semis a mis du temps à lever et que la concurrence du trèfle aux mauvaises herbes a été faible au début mais c'est plutôt effectué après la récolte comme le prouve le comptage 5 qui suit et que c'est les passages de herse étrille qui ont permis de lutter contre les mauvaises herbes.

En prenant en considération le témoin, on peut remarquer que le désherbage mécanique était nécessaire et qu'il a permis d'éliminer jusqu'à 50% d'adventices qui auraient concurrencés le blé.

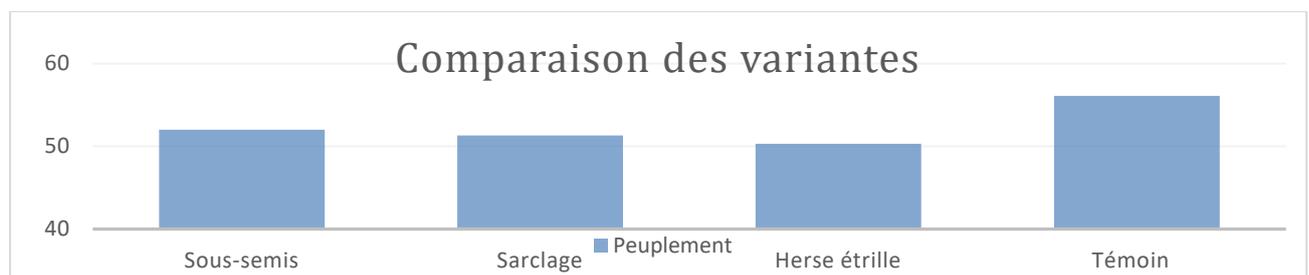
Les résultats ci-dessous sont exprimés en plantes/m<sup>2</sup>

Comptage 5 effectué post récolte :

Tableau 11 : Comptage post-récolte adventices par m<sup>2</sup> (Porchet, 2018)

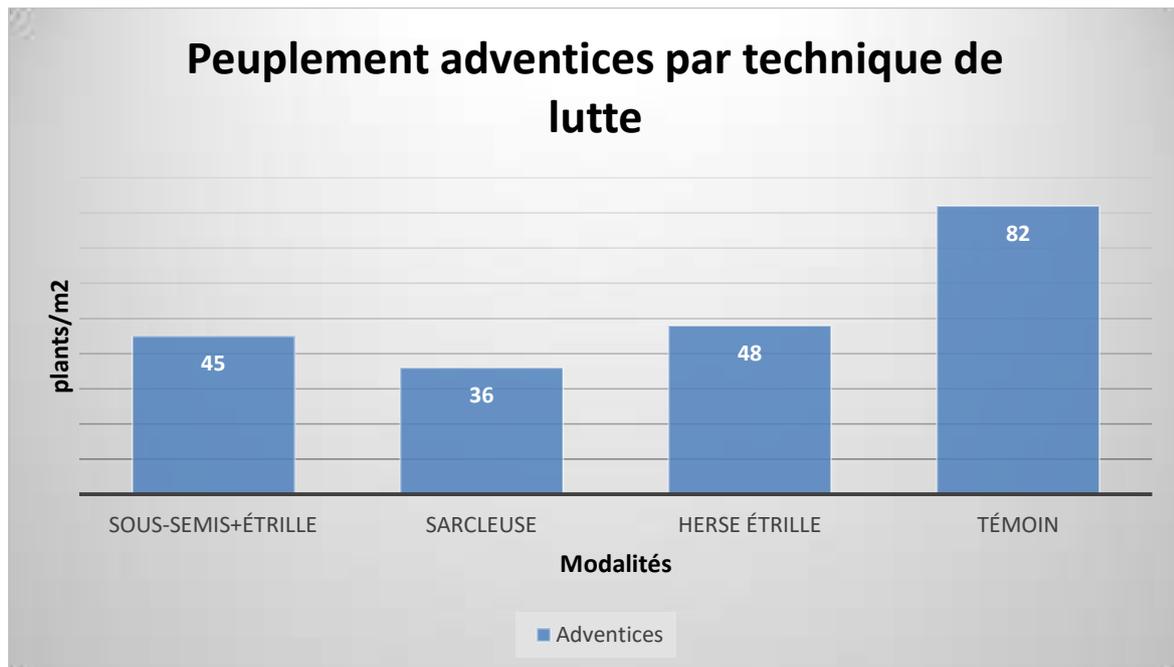
	Sous-semis	Sarclage	Herse étrille	Témoin
<b>Comptage 5 18.07.2018</b>	1.6	5.6	11.8	25

Ce dernier comptage permet de mettre en avant l'efficacité du sous-semis et le développement du trèfle une fois la culture récoltée. Cela permet aussi d'avoir un sol couvert sans présence d'adventice et une récolte de fourrage peut même être envisagée.



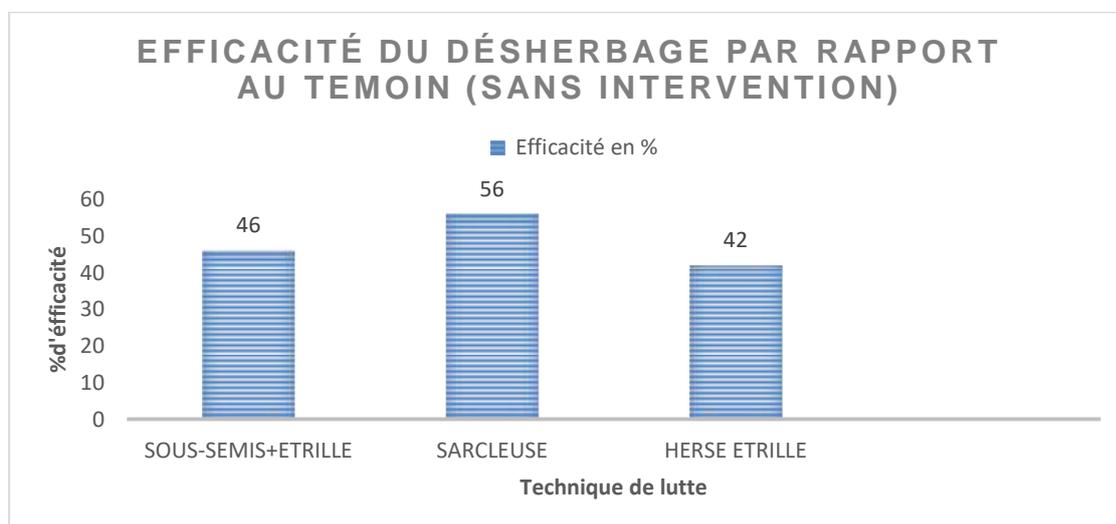
Graphique 1 : Comparaison des variantes (Porchet, 2018)

L'influence sur le peuplement est, comme le résume ce graphique, moins problématique avec la variante sous-semis et 2 passages herse étrille et par un passage de sarclouse guidé par caméra et l'appui du GPS.



Graphique 2 : Peuplement adventices (Porchet, 2018)

Ce graphique a été élaboré dans le but de voir le nombre d'adventice présent par modalité et de les comparer entre elle. La composition de la flore adventices n'a pas été comptabilisée lors de la récolte des données, cependant une forte pression de chénopodes et mours des oiseaux a été observées.



Graphique 3 : Efficacité du désherbage (Porchet, 2018)

Une comparaison a également été effectuée en pourcentage d'efficacité de désherbage par rapport au témoin où aucune intervention n'a été entreprise.

**Résultats économiques :**

En partant de ce chiffre de 20% et en prenant un rendement moyen de 44 quintaux (catalogue marge brute, modélisation 2018) soit une perte de rendement de 8.8 quintaux pour le blé bio cela engendrera en 2018 une perte de prestation de (8.8 quintaux x 106.-+/dt) de **CHF 932.-** par hectare sans aucun désherbage ou technique de lutte concurrentielle. Ce calcul va m'amener à un aspect économique que je développe au point suivant et qui me permet d'élargir la réflexion et justifier l'utilisation de l'un ou l'autre de ces méthodes.

Pour la sarcluse avec une efficacité de 56% par rapport au témoin on peut estimer avoir diminué la perte de rendement de 4.9 quintaux soit une prestation supplémentaire de (4.9\*106) de CHF 519.- par hectare.

Pour la herse étrille avec une efficacité de 42 % par rapport au témoin on peut estimer avoir diminué la perte de rendement de 3.6 quintaux soit une prestation supplémentaire de (3.6\*106) de CHF 382.- par hectare.

Pour le sous-semis et étrille avec une efficacité de 46% par rapport au témoin on peut estimer avoir diminué la perte de rendement de 4 quintaux soit une prestation supplémentaire de (4\*106) de CHF 424.- par hectare à cela s'ajoute la prime du programme sol Vaud de CHF 400.-/ha soit un total CHF 824.-/ha.

*Annexe 4: Calculs économiques*

Tableau 12 : Calcul travaux pour tiers (Porchet, 2018)

<b>Travaux pour tiers</b>	Herse étrille (6m) 2 passages	Sarclouse (3m) GPS et caméra	Sous-semis
Prestation en plus/ha	382.-	519.-	824.-
Coûts effectifs par ha	140.-	189.-	295.-
MB comparable/ha	242	330.-	529.-

Tableau 13 : Calcul propre machine (Porchet, 2018)

<b>Propre machine</b>	Herse étrille (6m) 2 passages	Sarclouse (3m) GPS et caméra	Sous-semis
Prestation en plus/ha	382.-	519.-	824.-
Coûts effectifs des modalités/ha	53	68.-	207
MB comparable/ha	329.-	448.-	617.-

## Explications :

Du point de vue économique, je me suis basé sur les données de références du FIBL en prenant en considération les coûts pour une variante comme si la machine était en propriété et variante travaux effectués par des tiers. Tous les chiffres ont été mis à l'hectare dans le but d'être comparable. Pour la modalité avec le sous-semis, j'ai intégré le coût de semences et de travail pour la mise en place et dans la prestation, j'ai intégré la subvention cantonale de CHF 400.- ha. Je précise que pour les autres stratégies de lutte, l'aide financière pour les programmes de non utilisation d'herbicide n'a pas été pris en compte étant donné qu'elles ne sont pas allouables aux exploitations biologiques

## 5 Discussion des résultats

### 5.1 comparaison et interprétation des résultats

Tout d'abord, il est important de prendre en compte dans cette analyse des résultats que l'utilisation d'une sarceuse guidée par caméra et GPS comme dans l'essai demande un écartement de semis d'au moins 15 cm entre les rangs. Cette exigence n'est pas négligeable car il faut être équipé d'un semoir permettant cette interligne.

Pour les résultats de la perte de peuplement après l'utilisation des différentes machines, la moyenne de 9% pour l'ensemble des modalités correspond aux informations que j'ai pu recueillir dans mes recherches qui conseille d'augmenter la densité de semis des céréales de 10% dans le but de compenser la perte due au désherbage mécanique. On peut observer que le comptage 1 effectué à la sortie hiver présente un peuplement correct de pied par mètre carré et qui correspond aux objectifs sortie hiver.

La deuxième constatation est que le travail de désherbage mécanique a eu un effet négatif sur le peuplement causé selon mes explications aux dégâts par les machines. On remarque une différence entre la modalité où il y a eu passage de herse étrille et où il y a eu la sarceuse. Cela s'explique par l'utilisation du GPS et de la caméra avec la sarceuse ainsi que par un éventuel mauvais réglage de la herse étrille. En comparaison au témoin, la perte de peuplement est d'environ 9% pour l'ensemble des modalités. Mesure à prendre en compte lors du calcul de la densité de semis.

Remarques :

On peut tirer comme bilan de ces comptages liés aux adventices et de l'efficacité des machines, que la sarceuse représente l'alternative la plus concurrentielle devant le sous-semis et que la herse étrille est d'une efficacité moindre. Il est à noter cependant que lors du premier comptage de la modalité herse étrille, la bande d'essai était globalement plus sale et que cela fausse ainsi légèrement la moyenne finale. On peut donc estimer que la herse étrille a une efficacité potentiellement meilleure que le résultat réellement établi.

En comparaison avec d'autre résultat d'essai que j'ai pu intégrer dans la première partie de mon dossier, on peut remarquer que d'un point de vue de l'action le résultat obtenu de 56% pour la sarcluse est légèrement inférieur au 70% des essais CETIOM effectué dans des conditions optimales mais il est supérieur aux moyennes effectuées par les essais publiés dans le magasin perspectives agricoles. Avec les conditions particulières de l'année 2018 on peut juger ce résultat comme encourageant.

Pour la herse étrille on peut tirer le même bilan avec ce résultat compris est d'environ 42 % - 46 % d'efficacité en regroupant la modalité du sous-semis.

D'un point de vue des mauvaises herbes, la herse étrille a été très efficace contre les jeunes plantules (jusqu'à 3-4 feuilles) et la sarcluse a permis une bonne élimination des adventices plus développées. Ce résultat va dans le sens des indications que j'ai pu regroupé par des sources externes.

Sur la base des deux études liées à la nuisibilité des adventices dans le blé (voir état des connaissances, nuisibilité) montre que la différence de rendement avec ou sans désherbage et plus ou moins équivalent à 20% de perte de rendement.

On peut remarquer que :

- La sarcluse est la technique de lutte la plus efficace
- La herse étrille et le sous-semis sont proches du fait aussi de la difficulté de levée du sous-semis et qu'ils ont connu le même nombre de passage de herse étrille.
- Le désherbage mécanique est indispensable pour diminuer l'impact concurrentiels de plantes indésirable.

Le sarclage, et comme vont le prouver les observations du terrain qui suivent, a permis un décroutage efficace de la parcelle et une minéralisation des éléments nutritifs meilleures. C'est un avantage non chiffré dans cet essai mais qui a impact sur le rendement et la culture indéniable.

## 5.2 Aspects économique et réflexion élargie

D'un point de vue économique, le désherbage par une herse étrille combinée à un sous-semis est le plus intéressant en termes de marge brute hectare et d'un point de vue uniquement financier mais cela s'explique car l'appui des subventions crée une différence. La sarcleuse représente une variante très bénéfique financièrement mais elle est surtout une alternative la plus efficace en termes de lutte contre les adventices. Cependant, cette machine demande un investissement important et que le taux d'utilisation doit être grand pour la rentabiliser. L'utilisation de la herse étrille, peut être combinée à une houe rotative pour améliorer l'efficacité et représente la démarche la plus rationnelle.

Pour conclure, on voit que le fait de s'appuyer sur des entreprises de travaux pour tiers est plus intéressant financièrement que d'avoir ses propres machines mais il faut être prudent avec ces résultats car cela ne prend pas compte l'utilisation de la machine et surtout la possibilité de développer ces dits travaux pour tiers et que la problématique d'intervenir au meilleur moment se pose en misant uniquement sur des entreprises de service.

Prestation non chiffrée : fourrage potentiel du sous semis, implantation de la culture intercalaire ou d'une prairie par ce biais, cout d'achat et besoin en liquidité des différentes machines, utilisation annuelle et cout fixe en rapport.

## 5.3 Observations sur le terrain

**La modalité avec le désherbage par la sarcleuse** a permis une lutte efficace contre les adventices, une bonne aération du sol par un décrouitage efficace qui a également permis une minéralisation des engrais de ferme qui ont été incorporé pendant la culture.

Ce travail à éviter une concurrence des adventices trop importante et la présence de mauvaise herbe à problèmes. Bonne efficacité également sur les adventices bien enracinées. L'appui de la technologie, à savoir la caméra et le GPS ont permis un travail de bonne précision sans trop de dégât à la culture. Les dégâts ont été observé uniquement sur les passages en travers de la parcelle et lors d'erreur que l'on peut juger d'humaine. Après la récolte, la bande d'essai était relativement propre même si



*Illustration 11 : modalité sarcleuse après récolte (Porchet, 2018)*

la pression adventice était présente.

**Les observations concernant le sous-semis** sont que la mise en place a été difficile faute à une année sèche et un manque de précipitation. Cependant, le trèfle s'est développé tardivement permettant un bon gazon de couverture sous la culture, une concurrence optimale aux adventices et une bande d'essai propre après la récolte. Le fourrage n'a cependant pas été récolté. Les passages de herse étrille ont permis une bonne incorporation de la graine ainsi qu'une lutte contre les mauvaises herbes.



*Illustration 12 : modalité sous semis après récolte (Porchet, 2018)*

**Pour la partie désherbée avec une herse étrille**, les principaux points à relever sont : que l'efficacité de la machine avec des conditions sèches et un sol croulé ne sont pas optimales, l'élimination des mauvaises herbes, peu développées au niveau des racines dans le sol est à remarquer. Cependant lorsque l'adventice est bien implanté l'utilisation de la herse étrille ne satisfait pas en comparaison à la sarclouse.



*Illustration 13 : modalité herse étrille après récolte (Porchet, 2018)*

## 5.2 Avis du responsable de l'essai

Vincent Jaunin :

« La thématique d'un essai de désherbage dans du blé d'automne conduit de manière biologique et l'idée d'associé une modalité avec du sous semis sont des thématiques courants dans la pratique du milieu de l'agriculture biologique mais également au-delà. Chaque agriculteur avance volontiers sa méthode de désherbage avec des arguments souvent très pertinent, adapté à ces conditions pédoclimatiques où il y est certainement arrivé après des années d'essai et d'observations sur ces parcelles.

L'idée dans cet essai était de déterminer de manière précise et mesurée 3 modalités de désherbage ou de conduite de parcelle différentes réalisées dans la pratique, dans des mêmes conditions et comparée à un témoin. Le choix d'un essai en bande dis « on farm » a été privilégié par rapport à un essai scientifique difficilement réalisable pour des raisons logistiques principalement. Les résultats de ce travail nous donnent donc plutôt des tendances par rapport à l'efficacité des méthodes que des résultats scientifiques testés de manière significative.

Par mes observations sur l'essai, plusieurs tendances sont à observés et plusieurs commentaires peuvent être apportés sans toutefois les chiffrer.

- Sur la modalité avec le sous semis, peu d'effet était attendu sur le sâlisement de la parcelle pré récolte, spécialement une année sèche comme 2018. L'avantage du sous semis se dégage surtout après la récolte, où en quelques jours les trèfles sont montés en fleur et ont recouvert de manière homogène la bande de sous semis, mais se sont rapidement retrouvés dans un régime hydrique trop faible et n'ont certainement pas put développer leur plein potentiel, point à suivre encore de près pour ma part sur ces prochaines années.
- La modalité conduite uniquement avec la herse étrille nous donne des résultats relativement satisfaisant. Malgré une grosse pression adventice, les différents passages d'herse étrille ont permis de diminuer la présence de plantes non souhaitées et d'assurer un certain rendement.

- La modalité sarclage et herse étrille est de toute évidence la conduite la plus coûteuse avec donc certaines attentes supérieures par rapport aux autres modalités. La complémentarité entre le sarclage qui travail de manière « intensive » mais que sur l'inter rang et la herse étrille qui travail de manière modérée sur l'ensemble de la surface est intéressante. Dans des sols croûté et suivi d'un passage de herse étrille quelques jours après, les observations permettait de voir une combinaison très intéressante et permet une destruction d'adventices à des stades plus avancés, en plus d'une éventuelle augmentation de la minéralisation liée au décroutage.

De manière générale, je pense qu'il est indispensable de rappeler que les bonnes pratiques et des applications aux bons moments permettent très souvent de garder une population indésirable à des niveaux acceptables et donc que le suivi et l'expérience de l'agriculteur ne peut pas être remplacé uniquement par l'une ou l'autre des techniques. »

## 6. Bilan et conclusion

Au moment de tirer les dernières conclusions par rapport à ce projet, je tiens tout d'abord à relever qu'il a été extrêmement intéressant et enrichissant pour moi de développer sur cette problématique, j'ai eu beaucoup de plaisir dans mes recherches et dans la mise en valeur de ces essais.

L'objectif du travail était d'évaluer les possibilités de lutte contre les adventices dans la culture du blé sans utilisation d'herbicide. Cette thématique s'inscrit dans un contexte de réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires mais également d'un développement de l'agriculture biologique, productrice et qui offre des perspectives d'avenir intéressantes. J'estime aussi que cette recherche peut être intéressante pour des agriculteurs conventionnels au vue de la conjoncture actuelle.

Par ce dossier, on peut remarquer que le désherbage mécanique représente un défi important pour la bonne conduite de la culture de blé, principalement en mode de production biologique et que la justification agronomique de lutte directe est nécessaire pour éviter des pertes de rendement importantes et donc des conséquences économiques. Il est malgré tout important de prendre en compte les

différentes luttres indirectes et que le succès repose sur l'importance de concilier les mesures préventives et curatives. Effectivement sans intervention d'herbicide, tous les paramètres sont à prendre en considération.

Le label bio bourgeon offre l'opportunité de prix intéressant et la situation du marché est favorable au développement des grandes cultures. Cependant, le rendement sera déterminant pour profiter au mieux de ce prix favorable. Voilà pourquoi une lutte efficace contre les adventices joue un rôle important pour la marge brute/ha.

En termes d'efficacité, la sarcluse représente la stratégie de lutte la plus efficace grâce à l'appui de nouvelles technologies comme la caméra de guidage et le GPS. Cette machine représente d'un point de vue financier, un investissement important et difficile à assumer si l'utilisation est faible ou que les conditions météorologiques ou du sol ne permettent pas l'interventions.

La herse étrille a été très efficace contre les jeunes plantules (jusqu'à 3-4 feuilles), elle permet une lutte intéressante mais lorsque le sol est crouté l'efficacité est moindre est une combinaison avec une houe en sortie d'hiver ou une sarcluse pour lutter contre les adventices plus développées peut être envisageable.

Le sous semis est difficile dans des conditions sèches comme on l'a connu en 2017, cependant cette mesure offre des possibilités de subventionnement qui permet de payer la semence et d'améliorer la considérablement la marge brute par hectare.

D'un point de vue économique, on peut estimer que de recourir à des entreprises de travaux pour tiers est intéressant si la surface à travailler est faible. L'agriculteur peut envisager le travail avec une sarcluse performante et qui grâce à l'appui des nouvelles technologies permettent une précision importante sans des investissements machines importants.

En conclusion, je considère important d'envisager la possibilité d'essai scientifique pour se rendre compte de l'impact réel des adventices sur les blés bios et surtout de donner des pistes de stratégies pour les agriculteurs concernés avec des essais effectués sur différent site et à répétitions. L'aspect économique mériterait d'être approfondi et je pense que ce soit pour l'agriculture conventionnelle ou en mode de production biologique, les mesures de lutte indirectes et directes de lutte contre les adventices donnent des possibilités d'amélioration des techniques de productions avec une limitation de l'appui de l'agro chimie.

## 7. Liste des illustrations, tableaux et graphiques

### 7.1 Liste des illustrations

Illustration 1 : Sarcleuse (Porchet, 2018).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Illustration 2 : Produits phytosanitaires en Suisse (LeTemps, 2018) .....	8
Illustration 3 : Exemple de rotation (Seine-et-Marne, 2016) .....	9
Illustration 4 : Itinéraire du désherbage (CA, 2006) .....	13
Illustration 5 : Période de désherbage (CASDAR, 2009-2010).....	16
Illustration 6 : Importance du respect des conditions de désherbage (CETIOM, 2011) .....	17
Illustration 7 : Grange Verney (Vaud, 2018) .....	22
Illustration 8 : Plan de la parcelle d'essai à Moudon en 2018 : (SWISSTOPO, 2018). .....	23
Illustration 9 : Analyse de terre (Porchet, 2018).....	27
Illustration 10 : Plan des variantes (Porchet, 2018) .....	28
Illustration 11 : Différence entre les bandes d'essai (Porchet, 2018).....	30
Illustration 12 : Couverture du sol (Porchet, 2018) .....	31
Illustration 13 : Semoir de précision (Porchet, 2018) .....	32
Illustration 14 : Herse étrille (Porchet, 2018).....	33
Illustration 15 : Sarcleuse avec tracteur (Porchet, 2018) .....	33
Illustration 16 : Sarcleuse (Porchet, 2018).....	33
Illustration 17 : modalité sarcleuse après récolte (Porchet, 2018) .....	43
Illustration 18 : modalité sous semis après récolte (Porchet, 2018).....	44
Illustration 19 : modalité herse étrille après récolte (Porchet, 2018) .....	44

## 7.2 Liste des tableaux

Tableau 1: Mode de reproduction ( <i>Vacher, C., and Metais, P. (2015).</i> ) .....	4
Tableau 2 : Coûts machines (Calculateur marge brutes ojabio, 2018) .....	19
Tableau 3 : Carnet des champs (Porchet, 2018) .....	22
Tableau 4 : Précipitations annuelle en mm depuis 10 ans dans la région Moudonnoise (SWISSTOPO, 2018) .....	24
Tableau 5 : Température moyenne des dernières années, région moudonnoise (SWISSTOPO, 2018) .....	25
Tableau 6 : Plan de rotation (Porchet, 2018) .....	25
Tableau 7 : Carnet des champs de la parcelle (Porchet, 2018) .....	26
Tableau 8: Analyse de terre (Porchet, 2018) .....	27
Tableau 9 : Peuplement (Porchet, 2018) .....	34
Tableau 10: Comptages adventices (Porchet, 2018) .....	35
Tableau 11 : Comptage post-récolte adventices par m2 (Porchet, 2018) .....	36
Tableau 12 : Calcul travaux pour tiers (Porchet, 2018) .....	39
Tableau 13 : Calcul propre machine (Porchet, 2018) .....	39

## 7.3 Liste des graphiques

Graphique 1 : Comparaison des variantes (Porchet, 2018) .....	36
Graphique 2 : Peuplement adventices (Porchet, 2018) .....	37
Graphique 3 : Efficacité du désherbage (Porchet, 2018) .....	37

## 8. Bibliographie

- ACTA. (2016). Anderson, R.L. . A Multi-Tactic Approach to Manage Weed Population Dynamics in Crop Rotations. Agron. J. 97, 1579.
- AGIDEA-FIBL. (2015). Agriculture biologique, fiche technique 2.39.5.
- AGRIDEA. (2015, Mars). Classeur agriculture biologique, fiche technique 3.3.11.
- AGRIDEA-FIBL. (2010). Classeur agriculture biologique, fiche technique 3.1.27.
- AGRIDEA-FIBL. (2013-2017). Classeur agriculture biologique fiche technique 3.1 et suivante.
- AGRIDEA-FIBL. (2014). Classeur agriculture biologique, fiche technique 4.2.15.
- AGRIDEA-FIBL. (2014). Classeur agriculture biologique, fiche technique 4.2.5.
- Agrométéo. (2019).
- Agronomie, f. 1. (2009). [http://www.penser-bio.fr/IMG/pdf/maitrise\\_des\\_adventices.pdf](http://www.penser-bio.fr/IMG/pdf/maitrise_des_adventices.pdf).
- AGROSCOPE. (2010). <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/fr/home/publications/apps/jardin-plantes-adventices-Waedenswil%20.html>.
- AGROSCOPE. (2018). calcul couts machines.
- ARVALIS. (2016). Institut du végétal , Terres Inovia , Unilet.
- Arvalis. (2017). Récupéré sur <https://www.arvalis-infos.fr/desherbages-des-cereales-a-paille-leviers-agronomiques-peut-on-valoriser-le-pouvoir-couvrant-des-cultures-pour-reduire-l-infestation-des-adventices--@/view-20847-arvarticle.html>
- Bioactualité. (s.d.). <https://www.bioactualites.ch/cultures/grandes-cultures-bio/cereales/cereales-techniques-production/soussemis-cer-fr.html>.
- BIOSUISSE-FIBL. (2018). [http://www.sgpv.ch/wp-content/uploads/bulletin\\_Juli-2017\\_f.pdf](http://www.sgpv.ch/wp-content/uploads/bulletin_Juli-2017_f.pdf).
- CA, -E. B.-C.-J. (2006). [http://www.bassin-sarthe.org/assets/documents/pdf/Fiche\\_desherbages\\_mecanique\\_ble.pdf](http://www.bassin-sarthe.org/assets/documents/pdf/Fiche_desherbages_mecanique_ble.pdf).
- Calculateur marge brutesojabio. (2018). FIBL.
- CASDAR. (2009-2010). PROJET « OPTIMISER ET PROMOUVOIR LE DÉSHÉRBAGE MÉCANIQUE » CASDAR 2009/2010.
- CETIOM. (2011). [http://www.terresinovia.fr/fileadmin/cetiom/regions/Sud/PDF/2011/RTR2011/AVIGN\\_13-12-2011\\_Presentations/8.1\\_Desh\\_mixte\\_JLN\\_AVI\\_RTR2011\\_14-12-2011.pdf](http://www.terresinovia.fr/fileadmin/cetiom/regions/Sud/PDF/2011/RTR2011/AVIGN_13-12-2011_Presentations/8.1_Desh_mixte_JLN_AVI_RTR2011_14-12-2011.pdf).
- Clerc, M. (2013). <https://www.bioactualites.ch/cultures/grandes-cultures-bio/regul-mauvaisesherbages/mesures-prevent.html>.

Cordeau et al. 2016. (2016, décembre 6-7-8 ). *Cordeau, S., Dessaint, F., Denieul, C., Bonin, L., Vuillemin, F., Delatre, M., Rodriguez, A., Guillemain, J., and Chauvel, B. (2016) AFPP-23e Conference du Columa Journées Internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes*. Dijon.

CORDEAU, S. (2016). LA NUISIBILITE DIRECTE DES ADVENTICES EN GRANDES CULTURES :.

DAEC, E. d. (2014). [https://www.fr.ch/sites/default/files/contens/sen/\\_www/files/pdf64/herbicides\\_fr.pdf](https://www.fr.ch/sites/default/files/contens/sen/_www/files/pdf64/herbicides_fr.pdf).

Draaf. (2018). Récupéré sur [http://draaf.grand-est.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Cereales\\_choix\\_variete\\_et\\_desherbage\\_PIC\\_ble\\_2018\\_cle8c4a43.pdf](http://draaf.grand-est.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Cereales_choix_variete_et_desherbage_PIC_ble_2018_cle8c4a43.pdf)

ECOPHYTO. (2013). [https://www.ecophyto-pro.fr/fiches/fiche/5/le\\_point\\_sur\\_la\\_loi\\_labbe/n:304](https://www.ecophyto-pro.fr/fiches/fiche/5/le_point_sur_la_loi_labbe/n:304).

FIBL, N. S. (s.d.).

FIBL-AGRIDEA. (2011). Classeur agriculture biologique, fiche technique 3.2.1.

Letemps. (2018). Récupéré sur <https://www.letemps.ch/suisse/ventes-dherbicides-suisse-dont-celles-glyphosate-ont-baisse-27-dix-ans>

LeTemps. (2018). Dans les champs romands, la bataille des pesticides, Pascaline Minet, le Temps.

Metais, V. a. (2015). Vacher, C., and Metais, P. (2015). *Connaître la biologie des adventices pour mieux les maîtriser par le travail du sol*. (Paris), p.

N. DELABAYS, G. M. (2015). Agroscope RAC Changins, case postale 254, CH-1260 Nyon 1.

Oerke, E. (2006). Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, 144, 31-43.

OFAG. (2013, octobre 23). Ordonnance 910.17 sur les contributions à des cultures particulières dans la production végétale (Ordonnance sur les contributions à des cultures particulières, OCCP) .

OFS. (2019). Récupéré sur <https://www.blw.admin.ch/blw/fr/home/services/medienmitteilungen.msg-id-73847.html>

Perspectivesagricoles. (2010). Quelle efficacité attendre du désherbage mécanique ? PERSPECTIVES AGRICOLES - N°369 - JUILLET-AOÛT 2010.

Porchet, J. (2018).

Prévention des mauvaises herbes - Grandes cultures, Y. D. (2002). <https://hautsdefrance.chambres->

*agriculture.fr/fileadmin/user\_upload/National/FAL\_commun/publications/Hauts-de-France/plaquette\_desherbage\_mecanique.pdf* .

Prometerre. (2014).  
*[https://www.vd.ch/fileadmin/user\\_upload/themes/economie\\_emploi/agriculture/fichiers\\_pdf/Vulgarisation/Le\\_projet\\_de\\_maintien\\_de\\_la\\_fertilité\\_des\\_sols.pdf](https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/economie_emploi/agriculture/fichiers_pdf/Vulgarisation/Le_projet_de_maintien_de_la_fertilité_des_sols.pdf)*.

Schmid, N. (2013).

Sciences, F. (2015). Récupéré sur <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/botanique-graminees-12997/>

Sciences, F. (2015). Récupéré sur <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/botanique-dicotyledone-6771/>

Seine-et-Marne, C. d. (2016). Lutte adventices, Chambre d'Agriculture de Seine-et-Marne.

SWISSTOPO. (2018). *copyright@SWISSTOPO, repr. pers.*

transfert, A. (2014). Récupéré sur [http://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2016/03/Fiches\\_biologie\\_et\\_moyens\\_de\\_gestion\\_des\\_adventices\\_vivaces\\_sans\\_herbicides-agriculture\\_biologique.pdf](http://www.agro-transfert-rt.org/wp-content/uploads/2016/03/Fiches_biologie_et_moyens_de_gestion_des_adventices_vivaces_sans_herbicides-agriculture_biologique.pdf)

UFA. (2018). Revue UFA 5.

Vacher, C. a. (s.d.).

Valantin-Morison, M. G. (2008). Comment maîtriser la flore adventice des grandes cultures à travers les éléments de l'itinéraire technique ? 3, 27–47.

Vaud, E. d. (2018). Récupéré sur <https://www.vd.ch/toutes-les-autorites/departements/departement-de-leconomie-de-linnovation-et-du-sport-deis/direction-generale-de-lagriculture-de-la-viticulture-et-des-affaires-veterinaires-dgav/domaine-pedagogique-de-grange-verney/>

Vaud, E. d. (2018). (*<https://www.vd.ch/toutes-les-autorites/departements/departement-de-leconomie-de-linnovation-et-du-sport-deis/direction-generale-de-lagriculture-de-la-viticulture-et-des-affaires-veterinaires-dgav/domaine-pedagogique-de-grange-verney/>*) .

Wikipedia. (2019). Récupéré sur <https://fr.wikipedia.org/wiki/Adventice>

## 9. Annexe

Annexe 1 : Prix indicatif par mode de production .....	6
Annexe 2: calendrier des tâches et planification.....	21
Annexe 3 : comptages effectués .....	35
Annexe 4: Calculs économiques .....	38

## 10. Liste des abréviations

SAU :	Surface agricole utile
HA :	Hectares
UMOS:	Unité de main d'œuvre standard
PDT	Pommes de terre
UGB	Unité Gros Bétail
GMQ	Gain moyen quotidien
SDT	Service du développement du territoire