

## MÉMOIRE

Présenté par : HARDY Aude

Dans le cadre de la **dominante d'approfondissement** :

Produire et innover dans les systèmes techniques végétaux (PISTv)

Stage effectué du : 04/03/2019 au 30/08/2019

À : l'Institut National de Recherche Agronomique, Unité Expérimentale de Recherche Intégrée de  
Gotheron, 460 chemin de Gotheron, 26320 Saint-Marcel-Lès-Valence

Sur le **thème** :

Techniques alternatives au désherbage chimique en arboriculture fruitière

**Pour l'obtention du :**

**DIPLÔME D'INGÉNIEUR AGROPARISTECH**

**Enseignant/e-tuteur responsable de stage** : SACHE Ivan

**Maître de stage** : RICHARD Annabelle

**Soutenu le** : 26/09/2019



### ❶ Principes

- Le plagiat se définit comme l'action d'un individu qui présente comme sien ce qu'il a pris à autrui.
- Le plagiat de tout ou parties de documents existants constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée
- Le plagiat concerne entre autres : des phrases, une partie d'un document, des données, des tableaux, des graphiques, des images et illustrations.
- Le plagiat se situe plus particulièrement à deux niveaux : Ne pas citer la provenance du texte que l'on utilise, ce qui revient à le faire passer pour sien de manière passive. Recopier quasi intégralement un texte ou une partie de texte, sans véritable contribution personnelle, même si la source est citée.

### ❷ Consignes

- Il est rappelé que la rédaction fait partie du travail de création d'un rapport ou d'un mémoire, en conséquence lorsque l'auteur s'appuie sur un document existant, il ne doit pas recopier les parties l'intéressant mais il doit les synthétiser, les rédiger à sa façon dans son propre texte.
- Vous devez systématiquement et correctement citer les sources des textes, parties de textes, images et autres informations reprises sur d'autres documents, trouvés sur quelque support que ce soit, papier ou numérique en particulier sur internet.
- Vous êtes autorisés à reprendre d'un autre document de très courts passages in extenso, mais à la stricte condition de les faire figurer entièrement entre guillemets et bien sûr d'en citer la source.

❸ **Sanction** : En cas de manquement à ces consignes, la DEVE/le correcteur se réservent le droit d'exiger la réécriture du document sans préjuger d'éventuelles sanctions disciplinaires.

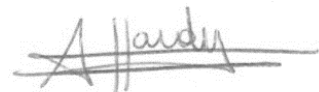
### ❹ Engagement :

Je soussignée Aude Hardy

Reconnaît avoir lu et m'engage à respecter les consignes de non plagiat

A Saint-Marcel-Lès-Valence le 30/08/2019

Signature :



## Remerciements

Je remercie tout d'abord très sincèrement ma maîtresse de stage Annabelle Richard pour son accompagnement et sa disponibilité. Merci pour les échanges réguliers et les nombreuses relectures.

Je remercie aussi Marion Casagrande (ITAB) pour ses conseils, ainsi que Aude Alaphilippe (INRA), Claude Coureau (CTIFL) et Philippe Blouin (Groupe Maternelle Mont Blanc), membres du comité de pilotage de ce stage.

Merci à mon professeur et tuteur de stage Ivan Sache pour le suivi et l'autonomie accordée.

Je remercie chaleureusement tous les membres de l'équipe SaVAGE pour le partage de connaissances en arboriculture, les conseils et leur bonne humeur contagieuse.

Merci aussi à Pédro Asencio, Dominique Chauffour, Franck Merlin et Alexis Rodriguez pour les réponses aux nombreuses questions (notamment sur le matériel agricole). J'adresse aussi des remerciements à tous les membres de l'unité de Gotheron, dirigée par Vincent Mercier, pour leur accueil chaleureux.

Enfin merci aux arboriculteurs qui m'ont reçue, de m'avoir donné de leur temps précieux et de m'avoir beaucoup appris.

## Liste des abréviations

AB : Agriculture Biologique	GRCETA : Groupe Régional des Centres d'Etudes Techniques Agricoles
ACM : Analyse des Correspondances Multiples	HCPC : Hierarchical Clustering on Principal Components
ACV : Analyse du Cycle de Vie	IAE : Infrastructure Agro Ecologique
ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail	HT : Hors Taxe
AuRA : Auvergne Rhône-Alpes	IFT : Indice de Fréquence de Traitements
BI : Bas Intrants	MO : Main d'œuvre
CAH : Classification Ascendante Hiérarchique	PACA : Provence-Alpes-Côte d'Azur
CTIFL : Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes	SAU : Surface Agricole Utile
CUMA : Coopérative d'Utilisation de Matériel Agricole	SEFRA : Station Expérimentale Fruits de Rhône Alpes
DEPHY : Démonstration, Expérimentation et Production de références sur les systèmes économes en produits PHYtosanitaires	STH : Surface Toujours en Herbe
GIS Fruits : Groupement d'Intérêt Scientifique Fruits	ch : cheval vapeur
GNR : Gazole Non Routier	h : heure
GRAB : Groupe de Recherche en Agriculture Biologique	ha : hectare
	t : tonne
	L : litre

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Part de surface des vergers recevant au moins un traitement herbicide selon les espèces en 2015 (Agreste 2018).....	5
Tableau 2 : Présentation de différents mulchs biodégradables .....	12
Tableau 3 : Enquête en ligne « Pratiques alternatives aux herbicides pour la gestion des rangs » .....	16
Tableau 4 : Réponses de l'enquête en ligne.....	17
Tableau 5 : Choix pour les calculs « réel » et « standard » .....	21
Tableau 6 : Groupes d'arboriculteurs à l'issu de la CAH.....	25
Tableau 7 : Caractéristiques des arboriculteurs pratiquant le désherbage mécanique .....	29
Tableau 8 : Caractéristiques des arboriculteurs pratiquant l'enherbement total .....	31
Tableau 9 : Caractéristiques des arboriculteurs pratiquant le paillage plastique.....	32
Tableau 10 : Variables utilisées pour l'analyse statistique à l'échelle de l'exploitation.....	52
Tableau 11 : Variables utilisées pour l'analyse statistique à l'échelle de la parcelle .....	54
Tableau 12 : Estimation des pertes de rendement .....	64

## Liste des figures

Figure 1 : Répartition en volume de production fruitière française en 2016 (FranceAgriMer 2018a)....	2
Figure 2 : Photo d'un verger de pommiers (INRA Gotheron, S. Simon) .....	3
Figure 3 : Le désherbage mécanique du rang .....	6
Figure 4 : Photo du passage de disques (en position de débutage) sur le rang dans un verger de pommiers palissés et avec irrigation suspendue (INRA Gotheron, S. Simon).....	7
Figure 5 : (A) Schéma simplifié d'un verger vue de haut et conduit avec la méthode sandwich (gauche), (B) Photo d'un rang conduit avec le méthode sandwich (Source : CTIFL) .....	8
Figure 6 : Epervière piloselle sur le rang (FiBL 2009) .....	10
Figure 7 : Pâturage ovin dans un verger d'oliviers enherbé, Alpilles (© G. Cathala, (Pâturage d'animaux En Verger n.d.)) .....	11
Figure 8 : Présentation de la démarche pour répondre à la problématique .....	15
Figure 9 : Sélection des arboriculteurs enquêtés.....	20
Figure 10 : (A) Carte des 62 exploitations ayant répondu à l'enquête en ligne avec en jaune les 15 arboriculteurs enquêtés, (B) Carte des superficies fruitières régionales en 2010 et évolution depuis 2000 (Agreste 2013 Recensement agricoles 2000 et 2010).....	22
Figure 11 : (A) Graphique du nombre d'arboriculteurs en fonction de la surface totale de leur exploitation, (B) Graphique du nombre d'arboriculteurs en fonction de leur surface en verger.....	23
Figure 12 : Graphique du nombre de réponses des différentes espèces .....	23
Figure 13 : Graphique de la répartition des différentes pratiques .....	24
Figure 14 : Graphique représentant la distribution et le regroupement des 62 arboriculteurs.....	25
Figure 15 : Graphique du coût de la gestion du rang en fonction des différentes pratiques et méthodes de calcul.....	33
Figure 16 : Détail des coûts du désherbage mécanique avec travail du sol, (A) calcul standard, (B) calcul réel.....	35
Figure 17 : Détail des coûts de l'enherbement, (A) calcul standard, (B) calcul réel.....	35
Figure 18 : Détail des coûts du paillage plastique, (A) calcul standard, (B) calcul réel .....	37
Figure 19 : (A) Répartition en % des différents travaux lors de la production de pommes, (B) Charge de travail moyenne par hectare et par variété de pommes de table .....	39
Figure 20 : Schéma d'un rang vu de haut et de la zone non travaillée avec un intercep à axe vertical (Chambre d'Agriculture de l'Hérault n.d.).....	47
Figure 21 : Irrigation pendulaire fixe par micro aspersion .....	48
Figure 22 : Irrigation enterrée (INRA Gotheron, S. Simon) .....	48
Figure 23 : Travail du sol sur 1/2 rang à la fois (INRA Gotheron, S. Simon) .....	49
Figure 24 : Critères pour le choix d'un outil de gestion du rang (SudArbo 2019).....	50

## Table des matières

Introduction.....	1
Partie 1 : Contexte, étude bibliographique et problématique.....	2
I) La gestion des adventices en arboriculture .....	2
a) Un contexte d'incitation à la réduction des herbicides.....	2
b) Deux espaces de gestion : l'inter-rang et le rang .....	3
II) Description des différentes pratiques de gestion du rang .....	4
a) Le désherbage chimique.....	4
b) Le désherbage mécanique.....	5
c) Les mulchs biodégradables.....	12
d) Le paillage plastique .....	13
e) Autres alternatives peu développées.....	13
III) Objectifs et contenu du stage.....	14
Partie 2 : Matériels et méthodes.....	16
I) Enquête en ligne .....	16
a) Objectifs.....	16
b) Diffusion .....	16
c) Méthode d'analyse .....	17
II) Entretiens semi-directifs.....	18
a) Objectifs.....	18
b) Présentation du guide d'entretien .....	18
c) Sélection de l'échantillon.....	19
d) Méthode d'évaluation technico-économique.....	20
Partie 3 : Résultats et discussion.....	22
I) Présentation de la population observée lors de l'enquête en ligne.....	22
II) Analyse statistique des réponses de l'enquête en ligne.....	24
a) Résultats .....	24
b) Discussion et pistes d'amélioration.....	26
III) Résultats et discussion des entretiens.....	27
a) Déterminants de l'arrêt du désherbage chimique .....	27
b) Déterminants du choix parmi les différentes pratiques alternatives .....	27
c) Diversité de mise en œuvre du désherbage mécanique .....	28
d) Diversité de mise en œuvre de l'enherbement total .....	31
e) Diversité de mise en œuvre du paillage plastique .....	32
f) Résultats technico-économiques des pratiques alternatives .....	33
Conclusion et perspectives.....	40
Bibliographie .....	42
Annexes .....	46

## Introduction

Parmi les enjeux de la transition agro-écologique figure la nécessité de réduction de l'usage des produits phytopharmaceutiques. Le plan Ecophyto II+, lancé en 2016, annonce l'objectif du gouvernement de « réduire les usages de produits phytopharmaceutiques de 50% d'ici 2025 et de sortir du glyphosate d'ici fin 2020 pour les principaux usages et au plus tard d'ici 2022 pour l'ensemble des usages » (Le Plan Écophyto, Qu'est-Ce Que c'est ? | Alim'agri 2019).

Aujourd'hui, la société interpelle l'agriculture sur les risques environnementaux et de santé liés aux pesticides et à la pollution de l'air (Commissariat général au développement durable 2018). Les consommateurs ainsi que les filières agro-alimentaires (plateformes de distributeurs, transformateurs, coopératives...) exigent de plus en plus des fruits produits dans le respect de l'environnement.

La situation politique, la pression sociétale, les exigences légitimes vis-à-vis de la protection de l'environnement et la suppression prochaine du glyphosate font du désherbage chimique une pratique de plus en plus discutée. Que ce soit volontairement ou en application des dispositions réglementaires, la filière arboricole française doit relever le défi de la diminution du recours aux herbicides.

Aujourd'hui, le désherbage chimique est la méthode la plus répandue à l'échelle nationale. Le cas le plus fréquent est l'enherbement de l'inter rang et l'utilisation d'herbicides (principalement de glyphosate) sur le rang (Agreste 2007a; Contrat de solutions 2018; SudArbo 2013). La difficulté de la gestion des adventices concerne en premier lieu le rang, cette zone est plus délicate à travailler car il faut éviter les troncs. Il existe actuellement une diversité de pratiques dont le travail du sol, l'enherbement et le paillage. La recherche et le développement de ces pratiques alternatives s'inscrivent comme une priorité pour la profession arboricole pour éviter les impasses techniques et ne pas pénaliser la rentabilité des exploitations. Les stations expérimentales et différents autres acteurs de la profession comme le Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes (CTIFL) tentent d'accompagner les arboriculteurs vers le 0 glyphosate et d'accélérer l'expérimentation pour être en mesure de définir des stratégies par filières.

Une dynamique d'évaluation des pratiques alternatives est lancée dans plusieurs stations expérimentales (la Morinière, le CTIFL, le Groupe Régional des Centres d'Etudes Techniques Agricoles (GRCETA) Basse Durance, la Pugère, la Station Expérimentale Fruits de Rhône Alpes (SEFRA), SudExpé...), instituts de recherche (Groupe de Recherche en Agriculture Biologique (GRAB), Institut National de Recherche Agronomique (INRA)) et chambres d'agriculture. Le niveau d'adoption de ces pratiques au niveau national est faible (Agreste 2007b) et les questions sur ce sujet sont nombreuses et méritent d'être adressées.

Les objectifs de ce travail sont d'identifier les déterminants des différentes pratiques alternatives aux herbicides, de recueillir des données de terrain et de décrire leurs mises en œuvre par les agriculteurs à travers une enquête en ligne et des entretiens semi-directifs. Une évaluation technico-économique sera aussi menée afin de d'évaluer la performance économique et le temps de travail résultant de ces pratiques.

Ce stage est porté par le GIS (Groupement d'Intérêt Scientifique) Fruits et le projet européen Climate KIC Friendly Fruit. L'étude se base sur une enquête en ligne ainsi qu'une étude auprès d'un nombre restreint d'arboriculteurs ayant abandonné le désherbage chimique sur une partie de leurs vergers.

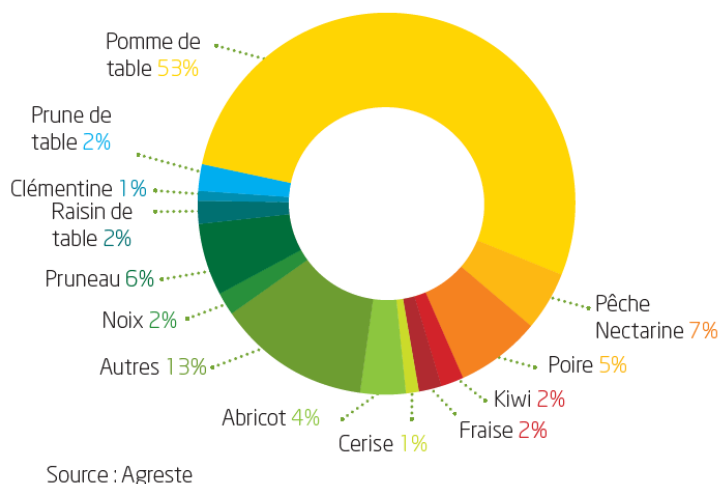


## Partie 1 : Contexte, étude bibliographique et problématique

### 1) La gestion des adventices en arboriculture

#### a) Un contexte d'incitation à la réduction des herbicides

Le verger français occupe environ 1 % de la SAU métropolitaine (Agreste 2007a) et produit 2,8 millions de tonnes de fruits (2016) (FranceAgriMer 2018a). L'espèce la plus cultivée est la pomme suivie de la pêche (Figure 1). La production nationale (de fruits frais) est estimée en valeur à 3,2 milliards d'euros (FranceAgriMer 2018b).



**Figure 1: Répartition en volume de production fruitière française en 2016 (FranceAgriMer 2018a)**

A titre de comparaison, la filière viticole française occupe environ 4 % de la SAU et la valeur à la production est estimée à 11,6 milliards d'euros. La vigne occupe une place à part dans l'agriculture française et cela s'illustre aussi sur les techniques alternatives aux herbicides. La viticulture est précurseur par rapport à l'arboriculture. La recherche et le développement prennent en compte les évolutions et la profession viticole s'approprie progressivement ces alternatives. Les vergers se doivent aussi de réduire leur utilisation de produits herbicides et bénéficient des efforts et des innovations du secteur viticole.

En arboriculture, plus de 35 matières actives ou combinaisons de matières actives étaient homologuées comme herbicide en 1998 contre 24 en 2013 (SudExpé n.d.). Le retrait de l'aminotriazole fin 2015 a engendré un report partiel effectué vers un usage accru du glyphosate (INRA 2017). Le désherbage chimique des vergers est devenu, au fil des années, un élément très controversé de l'itinéraire technique. En effet, les herbicides sont les produits phytosanitaires que l'on détecte le plus dans les eaux de surface mais aussi dans les eaux souterraines (Commissariat général au développement durable 2018).

Face aux controverses autour des pesticides utilisés en agriculture, s'est développée la certification environnementale des exploitations. Les agriculteurs engagés dans des démarches visant à améliorer l'impact de leur activité sur l'environnement peuvent être certifiées Haute Valeur Environnementale (HVE). En arboriculture, de nombreuses démarches environnementales sont reconnues : Vergers Ecoresponsables (Association Nationale Pommes Poires), Agriculture Raisonnée, la Filière Qualité Carrefour, Fruits et Nature, Demain la Terre ... (Ministère de l'agriculture et de l'alimentation 2018). Les cahiers des charges correspondants tiennent compte de la stratégie phytosanitaire des exploitations et notamment de l'usage des herbicides.

## b) Deux espaces de gestion : l'inter-rang et le rang

Un verger se compose de deux espaces de gestion, l'inter-rang et le rang (Figure 2) qui représente environ 1/3 de la surface d'un verger et qui est plus difficile à travailler. Aujourd'hui la très grande majorité des vergers ont l'inter-rang enherbé alors que le rang est désherbé chimiquement, cela représente respectivement 87 % et 89 % de la superficie du verger français (Agreste 2007c).

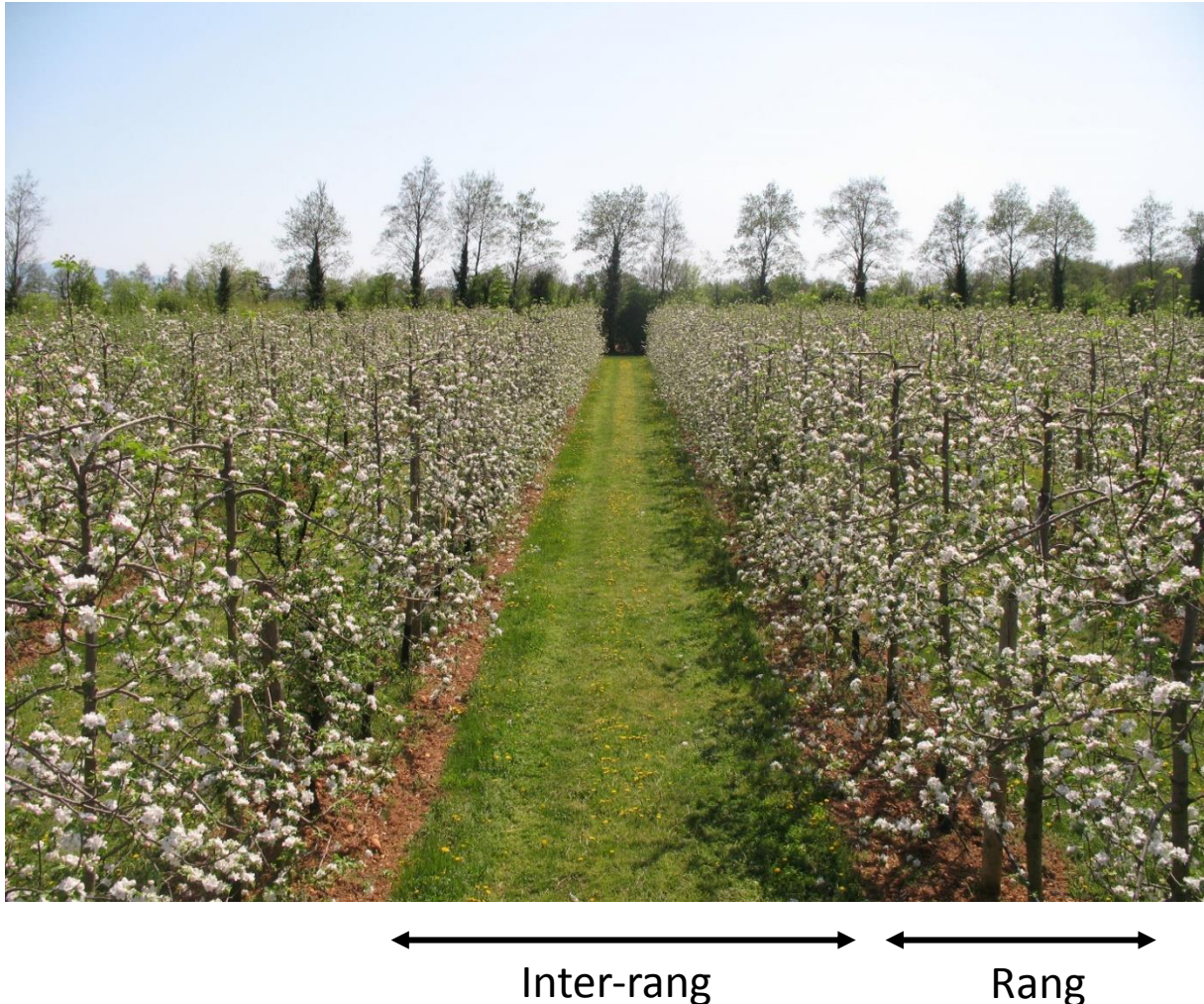


Figure 2 : Photo d'un verger de pommiers (INRA Gotheron, S. Simon)

Les avantages de l'enherbement de l'inter-rang sont nombreux : cela permet dans un premier temps d'améliorer la portance du sol et de limiter les ornières (Ferrero, Usowicz, and Lipiec 2005). C'est aussi un gain de temps et d'énergie considérable, la surface de l'inter-rang généralement non désherbée représente deux tiers de la surface du verger. Ce couvert végétal permanent améliore l'activité biologique du sol, limite l'érosion, favorise l'infiltration de l'eau et la présence d'auxiliaires (Keesstra et al. 2016). L'entretien de l'inter rang nécessite un matériel de tonte ou de broyage adapté à la taille du verger.

Concernant la gestion des adventices, la principale raison pour laquelle le rang est désherbé est la concurrence entre les adventices et les arbres. Une pression trop importante d'adventices peut être préjudiciable pour le verger et diminuer la vigueur des arbres (Merwin, A. Ray, and Curtis 1999; Tworowski and Glenn 2001; Hoagland et al. 2008). Les besoins en éléments minéraux sont très variables au cours de l'année. Par exemple, le pommier absorbe environ 10 % de ses besoins annuels en azote au début du printemps en mars et en avril, pendant le débourrement puis la floraison (Chambre d'Agriculture de Tarn-et-Garonne 2019). Le pic d'absorption a lieu en mai et en juin (environ 40 % des

besoins annuels) au moment de la nouaison puis de la phase de remplissage de fruits. Les périodes critiques concordent donc avec le démarrage en végétation de beaucoup de plantes herbacées (Arbo Bio 2007). La concurrence hydrique de l'herbe peut pénaliser les arbres, à noter que la majorité des vergers français sont irrigués (74 % en France métropolitaine en 2007 (Agreste 2007c)). Des travaux sur des vergers de pêchers enherbés ont montré qu'il était nécessaire de majorer les apports hydriques de 10 % pour compenser ce qui était capté par l'enherbement (SudExpé n.d.). La question de la concurrence hydrique et minérale est cruciale au début de la vie du verger (Lipecki and Berbec 1997) pendant les premières années de formation des arbres et de développement des racines. Le seuil de nuisibilité des adventices est plus bas pour de jeunes arbres.

Les adventices peuvent également servir de plantes hôtes (par exemple la punaise terne ravageur du pommier (Institut de recherche et de développement en agroenvironnement 2014) ou de ponts à certains ravageurs (par exemple les forficules, ravageurs pour les pêchers, cerisiers et abricotiers). De même, un verger enherbé favorise la présence de campagnols dont les dégâts peuvent provoquer un fort affaiblissement ou la mortalité des arbres (Infos CTIFL 2013; Merwin, A. Ray, and Curtis 1999). Par ailleurs, l'enherbement peut favoriser les gelées printanières (Trillot et al. 2002; Arbo Bio 2007). Enfin, le désherbage permet aussi tout simplement de faciliter les différents travaux dans les vergers (taille, éclaircissage, récolte).

Le désherbage sur le rang n'est donc pas purement esthétique, c'est une condition essentielle de compétitivité pour les cultures fruitières. L'objectif est de maîtriser la flore adventice en dessous d'un seuil de nuisibilité. L'enjeu des alternatives aux herbicides se pose essentiellement sur le rang et c'est une question transversale à toutes les espèces fruitières.

## II) Description des différentes pratiques de gestion du rang

### a) Le désherbage chimique

Le désherbage chimique du rang est de loin la pratique de gestion des adventices la plus utilisée (Trillot et al. 2002; Agreste 2007c). A titre d'exemple, les données concernant les exploitations du réseau DEPHY Ferme à leur entrée dans le réseau montrent que parmi les 124 systèmes de culture décrits, 112 ont eu recours à au moins un herbicide au cours des campagnes 2009 et 2010, soit plus de 90 % (Cellule d'animation Nationale DEPHY Ecophyto 2018).

A l'échelle nationale, la part des surfaces recevant au moins un traitement herbicide varie de 77 % pour les pommiers à 82 % pour les pruniers et pêchers (et 92 % pour les bananiers) (Tableau 1). Nous remarquons une grande disparité entre les régions, la quasi-totalité des surfaces de pommiers reçoit un traitement herbicide en Poitou-Charentes et en Midi-Pyrénées, les proportions sont moins élevées dans le Nord-Pas-de-Calais ou en Languedoc-Roussillon (48 %). Ce pourcentage est aussi remarquablement élevé pour la pêche en Midi-Pyrénées, Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) ; l'abricot en Rhône-Alpes et la cerise dans le Centre.

**Tableau 1 : Part de surface des vergers recevant au moins un traitement herbicide selon les espèces en 2015 (Agreste 2018)**

	Pomme	Pêche	Prune	Abricot	Cerise	Banane
Île-de-France	71	-	-	-	-	-
Picardie	85	-	-	-	-	-
Haute-Normandie	65	-	-	-	-	-
Centre	89	-	-	-	93	-
Bourgogne	-	-	-	-	49	-
Nord-Pas-de-Calais	48	-	-	-	-	-
Lorraine	81	-	65	-	84	-
Alsace	67	-	54	-	69	-
Franche-Comté	-	-	nd	-	-	-
Pays de la Loire	87	-	-	-	-	-
Bretagne	58	-	-	-	-	-
Poitou-Charentes	94	-	-	-	nd	-
Aquitaine	74	82	83	-	62	-
Midi-Pyrénées	94	91	86	-	79	-
Limousin	88	-	-	-	-	-
Rhône-Alpes	79	90	80	89	83	-
Languedoc-Roussillon	48	75	68	67	56	-
Provence-Alpes-Côtes-d'Azur	63	89	75	68	75	-
Guadeloupe	-	-	-	-	-	90
Martinique	-	-	-	-	-	93
<b>Ensemble</b>	<b>77</b>	<b>82</b>	<b>82</b>	<b>80</b>	<b>76</b>	<b>92</b>

*nd : non diffusé (le nombre d'observations et/ou la précision ne sont pas suffisants).*

*Source : Agreste – Enquête Pratiques culturales en arboriculture 2015*

La lutte chimique est possible avec différents types d'herbicides (Annexe 1 : Les différents types d'herbicides). L'efficacité des herbicides est fortement influencée par l'adjuvant, la nature du sol et les conditions d'application (température, hygrométrie, vent, buses...). L'arboriculteur ajuste sa stratégie de désherbage en fonction de l'abondance des adventices vivaces et annuelles, mais aussi de l'âge du verger et de la vigueur des portes greffes (Trillot et al. 2002). L'élimination systématique de toute la flore est une notion dépassée compte tenu des exigences environnementales et des produits encore à disposition.

Les principaux avantages de l'emploi de désherbant sont la simplicité d'utilisation et la rapidité d'un passage. Le débit de chantier est important puisqu'il est souvent possible de passer sur une parcelle à une vitesse supérieure avoisinant les 5 km/h. Le désherbage chimique est possible sur des parcelles en coteaux. Cependant, l'arboriculteur peut rencontrer des problèmes de phytotoxicité sur jeune verger, il faut protéger les troncs avec des manchons pour éviter les projections.

Actuellement, les pratiques alternatives aux herbicides pour gérer le rang d'un verger supposent un bouleversement de l'organisation du travail en raison, d'une part, de l'augmentation des besoins en main-d'œuvre, et d'autre part de la nouvelle stratégie globale de gestion des adventices. Par la suite, ces pratiques alternatives et leurs principaux avantages et inconvénients seront décrites.

## **b) Le désherbage mécanique**

Le désherbage mécanique (au sens large) consiste à limiter le développement des adventices grâce à des outils mécaniques avec ou sans travail du sol, cela regroupe différentes pratiques (Figure 3). Dans la suite de ce rapport, le terme de désherbage mécanique fera référence au désherbage avec travail du sol.

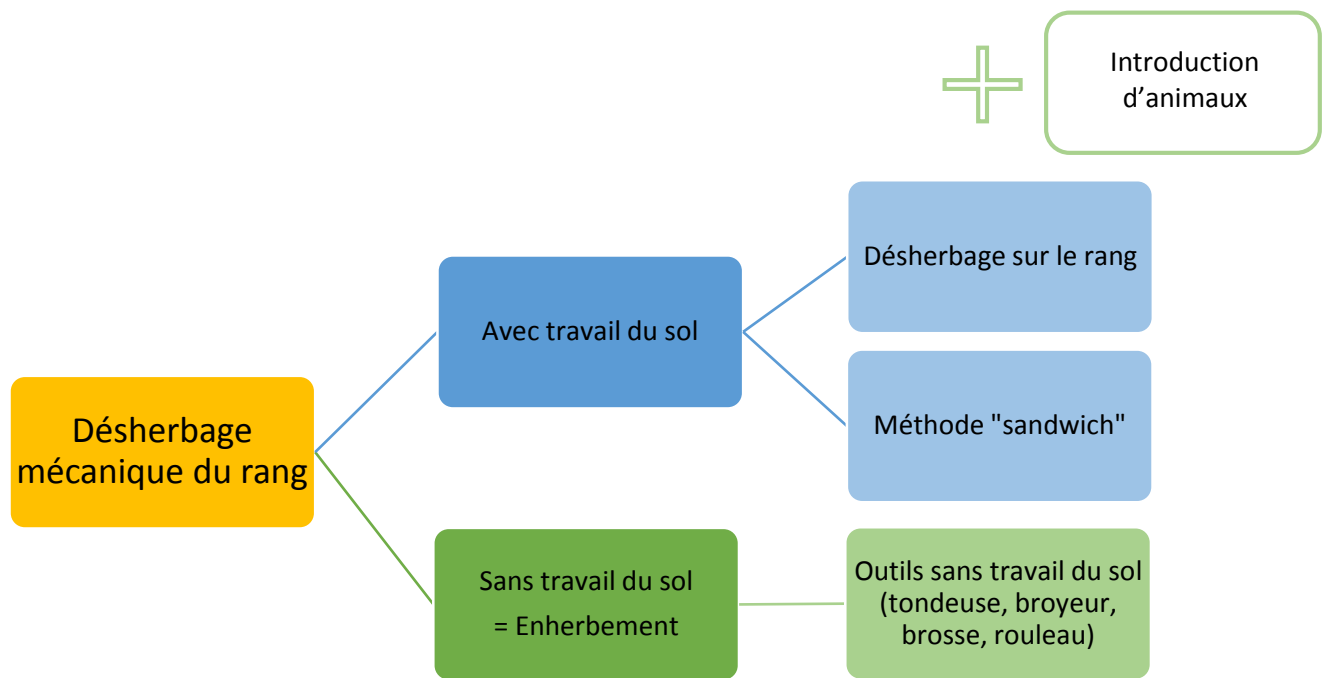


Figure 3 : Le désherbage mécanique du rang

#### i) Avec travail du sol

- Désherber sur le rang

Le désherbage mécanique par travail du sol sur le rang est la pratique la plus ancienne (Trillot et al. 2002; Hammermeister 2016; Chicouene 2007), c'est une technique alternative en plein essor (SudArbo 2013; Chambre d'Agriculture de l'Hérault n.d.) en viticulture et en arboriculture. Etant donné la taille du marché, le matériel agricole de travail du sol spécialisé en arboriculture est moins diversifié et abouti qu'en grandes cultures ou qu'en viticulture. Néanmoins les constructeurs de matériel agricole développent de plus en plus d'outils pour l'arboriculture, et depuis quelques années, l'offre s'est fortement diversifiée. Certains arboriculteurs fabriquent eux même leur matériel à partir de pièces de récupération. Cette solution économique permet de choisir sur mesure la largeur de la bande travaillée et d'adapter le matériel à ses propres contraintes de verger.

Il existe aujourd'hui une plus large gamme d'outils (Annexe 2 : Désherbage mécanique, présentation des principaux outils), on distingue différents types selon le travail du sol réalisé : buttage (formation d'une butte au pied de l'arbre), débutage, binage et sarclage. Le binage et le sarclage sont des opérations de travail du sol qui permettent d'ameublir le sol en surface et de détruire ou d'arracher les adventices. Une stratégie de désherbage peut combiner différents types d'outils qui ont des modes d'action complémentaires, ce qui évite de sélectionner un seul type d'adventices.

Il est a priori réalisable sur toutes les espèces. Cependant certaines espèces (noisetier, kiwi, prunier myrobolan) ont un système racinaire naturellement traçant et superficiel moins adapté. Pour les productions récoltées mécaniquement au sol (fruits à coque, pommes à cidres), le travail du sol est peu recommandable (risque de récolter en conditions de sols boueux).

Concernant l'âge des arbres au début de la pratique, deux stratégies sont possibles :

- soit le travail du sol est réalisé dès les premières années du verger, les racines ne peuvent pas se former en surface (Nielsen et al. 2009) et doivent prospecter des horizons plus profonds. Le risque est de pénaliser l'implantation des jeunes arbres et de diminuer leur vigueur. Les jeunes arbres étant plus

fragiles, les dégâts irrécupérables (scions cassés) lors des passages avec le palpeur sont aussi plus fréquents qu'en verger adulte.

- soit le travail du sol est commencé en verger installé. Cela entraîne des dommages ou la destruction des racines d'alimentation qui peuvent être présentes en quantité dans l'horizon superficiel (Neilsen et al. 2009) ce qui peut réduire temporairement l'alimentation des arbres et le rendement. Le choix des outils et leurs réglages viseront à préserver au maximum l'intégralité du système racinaire.

Dans les deux cas, il faut un verger adapté : branches basses supprimées et système d'irrigation compatible (Figure 4).



**Figure 4 : Photo du passage de disques (en position de débutage) sur le rang dans un verger de pommiers palissés et avec irrigation suspendue (INRA Gotheron, S. Simon)**

Le désherbage mécanique par travail du sol modifie la structure du sol et permet de décompacter, fragmenter et d'aérer le sol (Le Verge and Gratraud 2012). Il augmente aussi la porosité et la perméabilité en le fragmentant. Par conséquent, l'alimentation hydrique est améliorée et en climat sec, cela conduit à une économie d'eau (Laget, Guadagnini, and Plénet 2014). Le sol est aussi réchauffé, la stimulation de l'activité biologique et de la faune du sol associée à la déstabilisation physique de la matière organique accélère le processus de minéralisation (Lipecki and Berbec 1997; Haynes 1980). Le passage d'un outil de travail du sol peut être couplé après un apport pour l'incorporation et l'enfouissement de la fertilisation. Le travail du sol présente aussi l'avantage de déranger efficacement les campagnols en détruisant le couvert herbacé et surtout les galeries.

La difficulté de cette pratique est de désherber sans abîmer les troncs d'arbres ni les racines superficielles lorsqu'il s'agit de désherber sur la ligne de plantation. Le risque de blessure au pied des arbres et au collet est important, ce sont autant de portes d'entrées pour les bioagresseurs (verticilliose, formation de chancre, bactérioses, puçerons lanigères...) (Laget, Guadagnini, and Plénet 2014).

La mise en œuvre et l'efficacité de cette pratique alternative sont grandement conditionnées par le type de sol. Cela s'avère très compliqué sur un sol argileux et lourd ou sur un sol trop caillouteux (usure très importante des outils, consommation excessive de carburant).

De même, effectué dans de mauvaises conditions (sol non ressuyé), le travail du sol peut favoriser le développement d'accidents structuraux (tassement, croûte de battance, semelle de labour...) (Laget, Guadignini, and Plénet 2014). Employé à long terme et employé de façon trop fréquente, le travail du sol peut accentuer l'appauvrissement du sol en matière organique et les risques de lessivage azoté. Il est possible de constater des effets négatifs sur la structure (surtout sur des sols battants) (Nielsen et al. 2009; Lipecki and Berbec 1997). De plus, il est peu recommandable sur des parcelles en forte pente où le risque d'érosion est élevé. Aussi, cette technique est difficile dans des vergers conduits sur buttes.

Les conditions de passage sont très dépendantes des conditions pédoclimatiques, il ne convient pas de passer sur un sol trop humide ou trop sec, et une pluie après un passage peut fortement en diminuer l'efficacité. L'efficacité d'un passage dépend du stade et de la flore présente (Baumgartner, Steenwerth, and Veilleux 2007; Hammermeister 2016). Concernant les vivaces, le travail du sol peut être catastrophique puisqu'il fragmente et dissémine les organes végétatifs de reproduction (ex : fragments de rhizomes du chiendent rampant *Elytrigia repens*) (Crémer et al. 2008). Enfin, l'entomofaune de la strate herbacée est quasi absente, certains auxiliaires comme les carabes peuvent être détruits (Laget, Guadignini, and Plénet 2014).

- Désherber à la bordure du rang : « méthode sandwich »

Le système sandwich est une méthode intermédiaire entre le travail du sol et l'enherbement total. Cela consiste à ne travailler que d'étroites bandes (environ 40 cm) de part et d'autre de la ligne de plantation en laissant la bande centrale (environ 30 cm) du rang enherbée (semé ou spontanée) (FiBL 2009), (Figure 5).

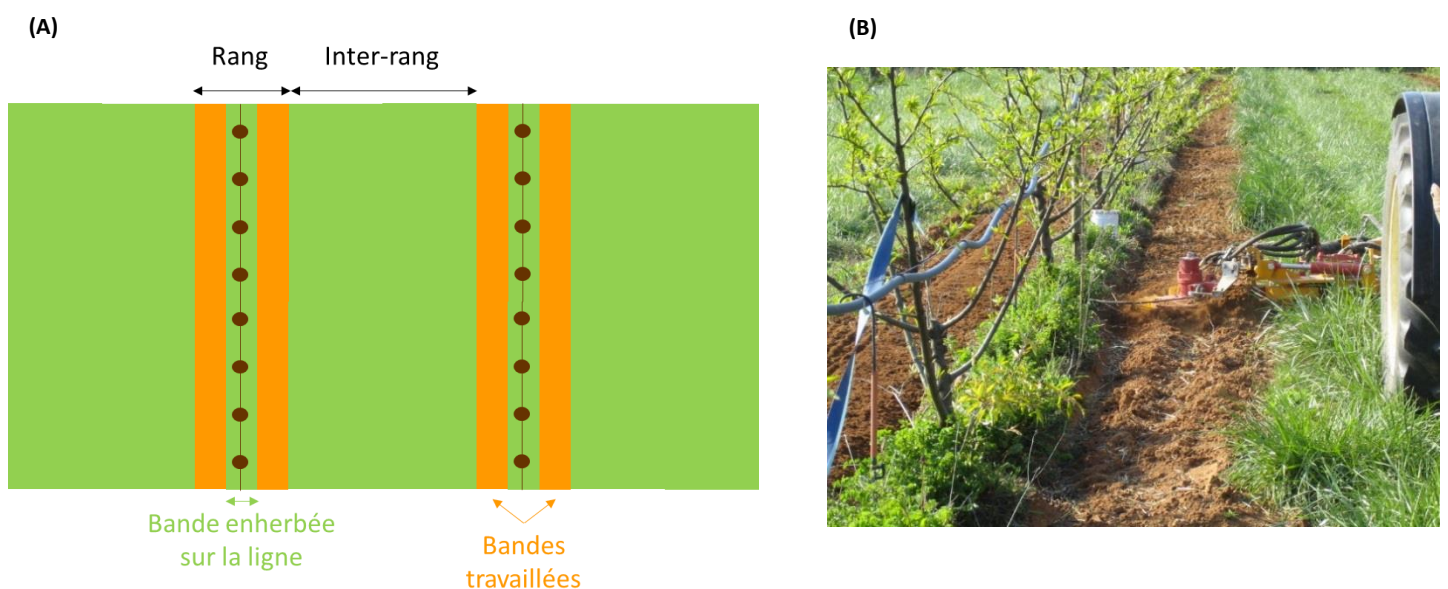


Figure 5 : (A) Schéma simplifié d'un verger vue de haut et conduit avec la méthode sandwich (gauche), (B) Photo d'un rang conduit avec le méthode sandwich (Source : CTIFL)

Ce système ne nécessite pas de matériel spécifique intercep de travail du sol (intercep signifie qui passe entre les troncs, sur la ligne du rang). Cela permet une vitesse de passage plus élevée et moins de difficultés de réglages. La concurrence avec les arbres est inférieure à une conduite en enherbement total. La ligne herbeuse centrale doit cependant être entretenue avec un outil déporté (tondeuse ou

broyeur satellite). Les objectifs sont de limiter le travail du sol sur le rang, limiter les adventices sur le rang et gagner en temps de travail. Il est possible d'implanter une culture peu concurrentielle sur la bande centrale (Utiliser La Méthode Sandwich Pour Gérer Les Adventices En Verger - GECO 2018).

Le travail du sol de chaque côté du rang permet de déranger les campagnols par destruction des galeries superficielles et limiter la concurrence des adventices. Le couvert herbacé peut favoriser la présence d'auxiliaires, améliorer la porosité du sol et éviter d'utiliser un outil de travail du sol sur le rang (qui peut occasionner des blessures).

Pour compenser la concurrence de la bande enherbée du milieu, les racines de l'arbre se concentrent dans les bandes latérales travaillées (pas de concurrence). La croissance des arbres dans ce système est comparable à la croissance des arbres dans un système de sarclage sur toute la largeur du rang (FiBL 2009). Seulement, comme l'enherbement total, cette méthode peut diminuer la vigueur des arbres et elle est pénalisante sur jeune verger (Alter Agri 2012).

#### *ii) Sans travail du sol : l'enherbement total*

L'enherbement total consiste à enherber la totalité de la surface du verger c'est-à-dire l'inter rang et le rang. Le contrôle des adventices peut être fait par des outils et/ou par des animaux.

- Contrôle des adventices avec des outils

Parmi les outils de désherbage mécanique sans travail du sol nous pouvons citer des outils de tonte ou de broyage et des outils de broissage. L'utilisation de ces outils revient à gérer l'enherbement du rang. Le nombre de passages dépend entre autres de la hauteur tolérée, de la vigueur des arbres et de la disponibilité en eau. Le stade du couvert lors de la fauche conditionne en partie sa repousse. La date de fauche influence aussi la capacité du couvert à se régénérer (fauche après l'épiaison ou la montée à graine).

L'enherbement peut être spontané ou semé, temporaire ou permanent, pur ou en mélange. Ces différentes techniques d'enherbement suivent un objectif commun, celui de maîtriser les adventices. Il est possible de distinguer au moins deux stratégies :

- L'implantation d'un couvert comme engrais vert, le but étant de favoriser la production de biomasse ce qui étouffe les adventices. Cette biomasse, une fois restituée au sol, améliore la fertilité du sol par un apport de matière organique. Des couverts à base de légumineuses remplissent cette double fonction d'apport azoté et de maîtrise des adventices. Une implantation rapide est aussi un critère de choix, un développement rapide au printemps permet de limiter la présence d'adventices. La réussite du semis ou de l'implantation conditionne en partie la présence d'adventices pendant la saison (Alter Agri 2012).

- L'implantation d'un couvert ras, peu concurrentiel et qui couvre le sol (Figure 6). L'objectif est d'occuper le sol pour étouffer les adventices tout en étant le moins possible en concurrence avec les arbres. Dans un contexte hydrique défavorable, il est possible d'utiliser un couvert à croissance limitée ou qui sèche pendant les mois d'été. Le paillage ainsi obtenu permet de diminuer l'évaporation de l'eau du sol (Référence environnement 2017)





Figure 6 : Epervière piloselle sur le rang (FiBL 2009)

L'épervière piloselle (*Pilosella officinarum*) forme un tapis exclusif (effet allélopathique) dense par la multiplication de stolons ce qui limite le développement d'adventices non désirables. Par contre, son implantation est longue et difficile, le chantier de repiquage nécessite un investissement initial et l'entretien pendant les 3 premières années ne doit pas être négligé.

La maîtrise de l'enherbement se raisonne aussi en fonction des interventions dans le verger. Pour les fruits à coques dont la récolte s'effectue au sol (noix, noisettes), il est impératif de détruire le couvert du rang et de l'inter rang avant la récolte. L'enjeu est de maintenir un sol lisse et plat pour ne pas ralentir l'andainage des fruits.

Dans des systèmes d'irrigation non localisée, la bande tondue bénéficie également des apports d'eau ce qui peut résulter en une pousse très dynamique et donc

très concurrentielle avec un nombre de fauche élevé. L'arboriculteur peut décider de compenser cette concurrence en augmentant les apports d'eau et de fertilisation.

Les avantages de l'enherbement du rang sont multiples tout d'abord sur la structure du sol : limitation de l'érosion et meilleure infiltration de l'eau (Gary, Gaudin, and Metay 2014), ce qui est particulièrement intéressant pour les parcelles en coteaux. Certaines espèces comme le sainfoin ou la vesce ont un système racinaire pivot qui décompacte le sol (Référence environnement 2017), les racines prospectent un volume de sol supérieur (Chambre d'Agriculture de Tarn-et-Garonne 2019). Le choix des espèces dépend du type de sol, du climat et des objectifs de l'arboriculteur. L'objectif est de limiter les effets négatifs de l'enherbement et les besoins de fauche tout en conservant ses avantages. De nombreux travaux sont en cours pour trouver la couverture végétale qui, sans trop concurrencer la pousse des arbres, permettrait une occupation du sol pour éviter sa colonisation incontrôlée (Delpuech and Metay 2018; Migléczy et al. 2015).

Par ailleurs, l'enherbement améliore la fertilité du sol par une quantité de matière organique restituée au sol plus importante qu'en sol nu (Želazny and Licznar-Małańczuk 2018; Référence environnement 2017). Cela permet aussi d'augmenter le stockage de carbone dans le sol (Chenu et al. 2014) et de limiter la lixiviation (Hammermeister 2016).

Des essais sur plusieurs sites de stations expérimentales montrent un plus grand nombre de vers de terre, d'arthropodes ainsi qu'un meilleur indice d'activité microbienne (Alter Agri 2012). Des espèces herbacées florifères offrent des abris, des zones d'hivernation et des sources de nourriture aux auxiliaires. Coccinelles et syrphes sont des prédateurs des pucerons favorisés par une strate herbacée haute (Brenner, Kienzle, and Zebitz 2016) et des bandes fleuries sur l'inter rang. En revanche durant les périodes de floraison les traitements insecticides sont limités, voire interdits.

Cependant, l'enherbement favorise les gelées tardives, la présence de campagnols et d'insectes ravageurs (punaises) et la concurrence hydro-minérale. Pour limiter cette concurrence, comme dans le cas du travail du sol, se pose la question de l'âge du verger au démarrage de la pratique. Il semble que cette technique soit très pénalisante au début de la vie du verger : les arbres sont trop sensibles à la concurrence ce qui diminue la croissance racinaire et aérienne (Yocum 1937; DEPHY 2019). En règle générale des pertes de rendement sont constatées en verger adulte également (Nielsen et al. 2009; Glenn and Welker 1996; Želazny and Licznar-Małańczuk 2018). Dans une expérimentation en Agriculture Biologique conduite à l'INRA de Gotheron l'implantation d'un couvert sur le rang de type graminées a pénalisé le rendement des pommiers par augmentation de la compétition pour l'eau et

pour l'azote (un calibre a été perdu par l'enherbement par rapport au désherbage mécanique) (INRA 2017).

De plus l'enherbement total peut conduire au développement de vivaces (sorgho d'Alep (*Sorghum halepense*), liseron des champs (*Convolvulus arvensis*), ...) ou favoriser une flore qui supporte bien la fauche.

- Contrôle des adventices avec des animaux

Introduire des animaux (volailles, moutons, cochons, vaches, chevaux) dans les vergers enherbés est aussi une pratique alternative (Figure 7). Il existe plusieurs cas de figure, l'arboriculteur peut être propriétaire du troupeau ou avoir conclu un accord avec un éleveur qui ne gère pas le troupeau quotidiennement. De même, le pâturage peut être adopté toute l'année (à l'exception de la période de récolte) ou alors seulement temporairement pendant le repos hivernal, de la récolte des fruits jusqu'au débourrement des arbres (INRA Avignon 2017). Il est impératif que les animaux ne consomment pas les fruits à l'arbre (suppression des branches basses ou verger haute tige) et n'abîment pas les troncs. Les espèces et les races choisies ont leur importance : les poules consomment moins d'herbe que les oies, les caprins prennent appui sur les arbres, les races rustiques de mouton comme la Shropshire valorisent mieux les espaces fourragers peu productifs...



Figure 7 : Pâturage ovin dans un verger d'oliviers enherbé, Alpilles (© G. Cathala, (Pâturage d'animaux En Verger n.d.))

Le pâturage peut remplacer entre un et trois passages de gyrobroyeur (Solagro n.d.; INRA Gotheron n.d.). Les animaux peuvent aussi consommer des fruits et feuilles tombés au sol, ce qui diminue la pression de certains ravageurs (effet prophylactique) comme le carpocapse, les mouches des fruits, la tavelure mais aussi les campagnols. L'apport organique des déjections doit aussi être pris en compte dans la stratégie de fertilisation, il a été constaté une amélioration de la fertilité et de l'activité biologique des sols (Solagro n.d.).

Le chargement et la gestion de la couche d'herbe sont délicats, il faut un compromis entre une ration suffisante pour les animaux et un couvert qui ne concurrence pas les arbres, notamment sur le rang. Selon l'espèce introduite, le chargement et la qualité du couvert, des zones de refus et une sélection de flore peuvent être observés. Dans des systèmes conçus et adaptés à la présence d'animaux, il convient d'optimiser les distances de plantations, la taille des arbres, le palissage et l'irrigation. Il convient aussi de coordonner la conduite du verger à la présence du troupeau surtout pour les traitements phytosanitaires (réduction de dose, traitement différé ou supprimé).

Un intérêt grandissant de cette pratique alternative est observé (INRA Gotheron n.d.). Cependant il y a peu de connaissances académiques et de références sur cette méthode complexe qui demande une grande technicité par la maîtrise de productions animale et végétale en synergie.

### c) Les mulchs biodégradables

Un mulch (ou un paillis en français) est une couche de matériau posé sur le sol, la plupart des mulchs étudiés sont des résidus végétaux frais ou en décomposition (Findeling 2001). Un des objectifs d'une application sur le rang est d'empêcher la levée des adventices (par occultation). Différents mulch biodégradables sont utilisés (Tableau 2).

Tableau 2 : Présentation de différents mulchs biodégradables

Type de mulch	Avantages	Inconvénients
BRF	Augmentation de l'humidité du sol : avec 10 cm d'épaisseur (88,8 kg·m <sup>-2</sup> ) Granatstein et Mullinix (2008) constatent une diminution de 20 à 30 % de l'irrigation et une meilleure croissance des arbres (comparé au témoin désherbé chimiquement)	Rapport C/N élevé : ce qui implique dans un premier temps une consommation de l'azote minérale du sol, voire même une faim d'azote les premières années (DEPHY 2019; Hoagland et al. 2008).
Foin de luzerne	Apport d'azote (Granatstein and Mullinix 2008)	Pouvoir couvrant limité Favorise les campagnols
Dalles ou rouleaux en feutres végétaux : fibres de coco, jute, chanvre...	Facilité de pose (dalles)	Prix Durée de vie

Peuvent aussi être cités la paille, le compost, la tourbe, les écorces de pins (Hammermeister 2016) ainsi que des co-produits comme les brisures de coquilles de noix, la sciure de bois, les grignons d'olives et des papiers de bureau déchiquetés. Tous ces matériaux ont des compositions et donc des effets différents sur le sol en terme d'apport de matière organique et de modification de la structure et de composition chimique (Neilsen et al. 2003).

L'épaisseur du paillage impacte directement son efficacité. Pour être efficaces vis-à-vis des adventices, les paillis organiques imposent une épaisseur de couverture importante (15 à 20 cm). Les quantités à épandre sont donc élevées, ce qui induit des coûts non négligeables et implique des sources d'approvisionnement proches et pérennes. Certains paillis se décomposent plus rapidement que d'autres, la mise en place doit être renouvelée régulièrement car les effets sont limités dans le temps. La pose peut être effectuée avec un épandeur à fumier ou une déssileuse latérale.

Les mulchs permettent l'amélioration de la rétention de l'eau dans le sol, l'augmentation de la température du sol en sortie d'hiver (Laget, Guadagnini, and Plénet 2014) et l'augmentation de la matière organique et de l'activité biologique du sol. Une augmentation de la vigueur des arbres peut

aussi être observée (Granatstein and Mullinix 2008; Neilsen et al. 2003; CTIFL 2019; Laget, Guadignini, and Plénet 2014).

En revanche le fait de pailler présente l'inconvénient majeur de grandement favoriser la présence de campagnols. Cela peut aussi compliquer l'enfouissement des apports de fertilisation et favoriser un enracinement très dense en surface (Alter Agri 2012). Enfin, le paillage peut sélectionner les vivaces rampantes comme le chiendent.

#### **d) Le paillage plastique**

Cette technique consiste à disposer au niveau du rang de plantation des matériaux (toile tissée ou bâche plastique) formant un écran, en vue de limiter le développement de la flore adventice. Le système d'irrigation le plus adéquat est un système de goutte à goutte sous la bâche ou la toile enterrée. L'apport d'engrais n'est possible que par ferti-irrigation. Un entretien annuel par balayage et la gestion de la bordure de la toile peuvent être nécessaires pour prolonger la durée de vie de ces bâches ou toiles. En fin de vie, ces matériaux doivent être retirés du verger et détruits ou recyclés. Une fois installée (chantier de pose lors de la plantation long et délicat), la toile tissée représente, par rapport aux autres pratiques, un temps de travail annuel considérablement réduit.

Les solutions de paillage non biodégradables permettent de supprimer efficacement les adventices (Abouziena et al. 2008) et présentent les mêmes avantages mise à part l'apport de matière organique. Sur jeunes vergers, un meilleur démarrage des arbres peut être observé (Måge 1982). Les toiles tissées en plastique, qui sont perméables, et les bâches plastiques (imperméables) permettent également une meilleure rétention de l'eau du sol et une efficacité hydrique améliorée (Alter Agri 2012; Wang et al. 2015). Ces dernières ont une durée de vie inférieure (2 à 4 ans maximum) mais un coût plus avantageux. Encore une fois, sur des parcelles avec des campagnols, cette pratique est fortement déconseillée. Sur des sols froids et peu drainants, une telle installation peut provoquer de l'asphyxie racinaire.

#### **e) Autres alternatives peu développées**

Par ailleurs, d'autres moyens récents encore peu développés et très peu employés par les arboriculteurs existent. On peut citer le désherbage thermique avec de l'eau (eau chaude, vapeur d'eau ou mousse chaude), le désherbage thermique avec des brûleurs, le désherbage haute pression (eau à température ambiante) et le désherbage électrique. Dans les essais réalisés par Shrestha et al. (2013) en vigne, le désherbage vapeur est moins efficace et plus cher que le désherbage mécanique. Ces méthodes sont pour l'instant coûteuses et chronophages et ont un impact environnemental élevé (consommation énergétique).

Avec les progrès récents de la robotique et des nouvelles technologies, des prototypes de robots de tonte ou de binage existent mais très peu de modèles sont commercialisés (Journée Méca F&L : les espoirs de la robotique 2018). Ces appareils se développent surtout en viticulture et en maraîchage. Les appareils autonomes se déplacent dans la parcelle dont le périmètre a été préalablement défini (Les Robots à l'assaut Des Vignes 2016). Autonomie énergétique, coût, débit de chantier, sécurité... sont autant de critères qui permettent de comparer les modèles.

L'utilisation d'herbicides de biocontrôle (à base d'acide pelargonique, acétique ou caprylique) (ANSES n.d.) comme substitution aux herbicides de synthèse est aussi une possibilité. L'efficacité est discutable (DEPHY 2019; Hoagland et al. 2008) (résultats visibles qu'à forte dose) et leur prix est prohibitif. Devant l'enjeu que représente ce marché, ce secteur est en plein essor, d'autres substances actives sont actuellement à l'étude.

Actuellement, il existe une diversité de pratiques alternatives, mais aucune ne constitue une solution universelle à la gestion du rang en arboriculture. Le désherbage mécanique avec travail du sol est la pratique la plus répandue. Chaque alternative présente des avantages et des inconvénients du point de vue agronomique, la gestion du rang interfère entre autre avec la fertilisation, l'irrigation et la taille des arbres et doit s'intégrer avec le reste de la conduite du verger et de l'exploitation. Très souvent, se passer d'herbicide impose une reconception du système et une importante réorganisation du travail. L'évolution vers une diminution des herbicides sous le rang peut s'envisager progressivement en passant par plusieurs techniques conjointement ou séparément. Associer différentes pratiques dans l'espace (méthode sandwich) ou dans le temps (travail mécanique ou paillage sur jeune verger puis enherbement) peut se révéler être une solution intéressante.

### III) Objectifs et contenu du stage

L'étude bibliographique s'est orientée majoritairement autour des revues techniques destinées aux agriculteurs. Ce choix de lecture se justifie par un besoin de connaître avant toute chose les ressources auxquelles ont accès les arboriculteurs pour choisir la gestion de leur rang. Nous pouvons observer qu'une large gamme de références techniques est à leur disposition. Malgré cette richesse, la majorité des arboriculteurs choisissent le désherbage chimique. Ce qui amène à la problématique suivante :

- **Quelle est la réalité des pratiques alternatives au désherbage chimique sur le rang en arboriculture ?**

Au vu de la diversité des pratiques alternatives aux herbicides présentées ci-dessus, il est intéressant de répondre à ces premières sous-questions de stage :

- Quels sont les déterminants des pratiques alternatives ? Nous voulons comprendre les raisons du choix de l'arboriculteur, de la (ou des) pratique(s) alternative(s) choisie(s).

Plusieurs hypothèses et interrogations ont donc été formulées :

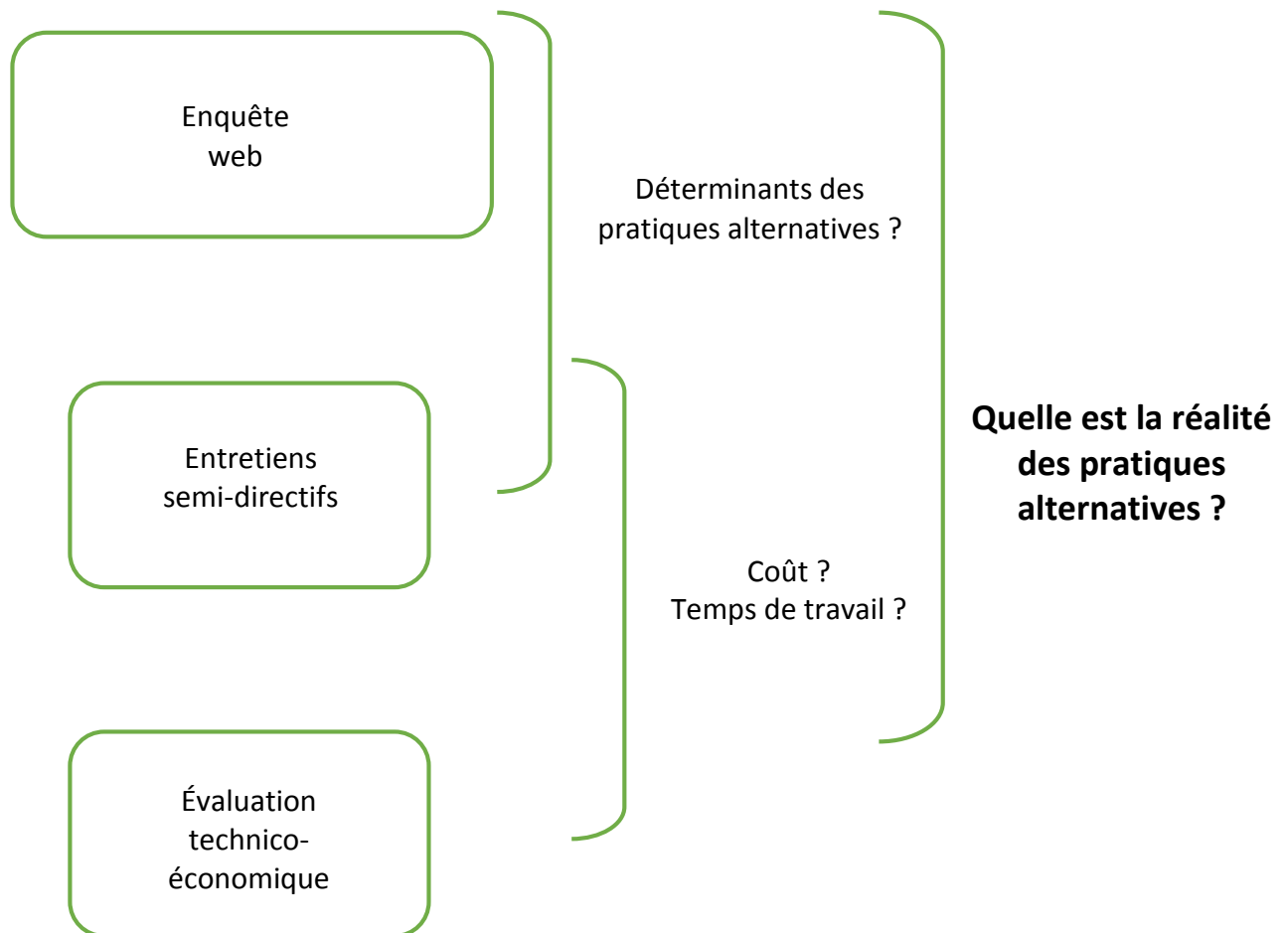
- Le désherbage mécanique est-il plus pratiqué par les grandes exploitations (investissement matériel important) ?
- Les exploitations non spécialisées en arboriculture feront préférentiellement de l'enherbement total (le travail du sol est plus chronophage).
- L'irrigation doit être suspendue ou enterrée pour le désherbage mécanique.
- Le type de sol et le pourcentage de cailloux sont des déterminants du choix de la pratique alternative
- L'espèce fruitière et la conduite des arbres sont des déterminants du choix de la pratique alternative.
- Est-ce que le bassin de production favorise certaines pratiques alternatives (contexte pédoclimatique, conseil, circuit de commercialisation) ?

A travers cette recherche bibliographique, nous pouvons notamment constater qu'il existe peu de données de référence sur les aspects technico-économiques des différentes pratiques alternatives. Les compétitions entre les chantiers de travail et les coûts réels des pratiques sont des points qui méritent d'être développés. Ce sont souvent des déterminants importants dans le processus de décision. Ainsi, une des sous-questions de ce stage est :

- Quelles sont les conséquences techniques et économiques des différentes pratiques alternatives, mises en œuvre par les agriculteurs ?

Pour répondre à ces questions, nous avons tout d'abord utilisé des données provenant d'une enquête en ligne (Figure 8). Dans un deuxième temps et avec l'analyse des données recueillies, nous avons identifiés des arboriculteurs parmi ceux ayant répondu à l'enquête. Ces arboriculteurs ont été

enquêtés de façon plus approfondie en conduisant des entretiens semi-directifs. Cela nous a permis de comprendre leur système de gestion du rang et les raisons des choix des pratiques mises en œuvre. Nous avons aussi tenté de récolter des données précises chiffrées sur le temps de travail et le coût des pratiques alternatives utilisés par ces 15 arboriculteurs.



**Figure 8 : Présentation de la démarche pour répondre à la problématique**

Notre démarche se rapproche ainsi du concept de « traque à l'innovation » (Salembier, Elverdin, and Meynard 2016), nos résultats se basent sur la capacité d'innovation d'arboriculteurs qui ont déjà mis en œuvre des pratiques alternatives. D'après Salembier et al. (2016): « la R&D agricole considère aujourd'hui les innovations de terrain comme des sources d'idées et de références pour améliorer durablement les modes de production ». L'expérience et le savoir-faire des agriculteurs est considéré comme une ressource pour favoriser une transition vers la réduction des herbicides.

Cette étude s'intègre dans le projet européen Climate KIC Friendly Fruit, projet qui inclut notamment des essais expérimentaux de pratiques alternatives. Ce stage s'inscrit dans les thématiques du Groupement d'Intérêt Scientifique Fruits (GIS Fruits) et particulièrement l'axe thématique cinq : « Approche système aux 3 échelles : parcelle, exploitation agricole et territoire ».

Dans la partie suivante, nous exposerons la démarche adoptée pour répondre à la problématique. Nous présenterons et discuterons ensuite des résultats de l'enquête en ligne et des entretiens.

## Partie 2 : Matériels et méthodes

### I) Enquête en ligne

#### a) Objectifs

Le principal objectif de ce questionnaire est d'avoir un panel descriptif des pratiques alternatives aux herbicides pour la gestion des rangs (et un aperçu de leur répartition géographique en France). Les questions sur l'exploitation et sur le verger associé à la pratique alternative sont orientées sur des aspects qui a priori influencent la gestion du rang (Tableau 3). Il s'agit premièrement de connaître les caractéristiques globales de l'exploitation pour ensuite se focaliser sur celles du verger concerné par la pratique alternative mise en place. Les questions doivent permettre d'identifier les conditions agronomiques favorables ou défavorables à l'adoption de la pratique (ex : texture du sol incompatible avec le travail du sol).

Cette première partie méthodologique permettrait donc de répondre à la première sous-question de recherche. Un autre objectif est d'orienter l'échantillonnage d'un nombre réduit d'arboriculteurs à enquêter pour approfondir l'étude.

Tableau 3 : Enquête en ligne « Pratiques alternatives aux herbicides pour la gestion des rangs »

	Description du contenu
<b>Partie 1 :</b> Caractéristiques générales de l'exploitation	Coordonnées, adresse, surface totale agricole, surface en verger (ha), espèce(s) cultivée(s), système de production agricole, main d'œuvre, gestion des inter rangs, pratique(s) alternative(s) utilisée(s) sur le rang
<b>Parties 2 à 6 :</b> Questions sur les pratiques alternatives <ul style="list-style-type: none"><li>• désherbage mécanique</li><li>• désherbage thermique</li><li>• paillage plastique</li><li>• enherbement</li><li>• mulch</li></ul>	<b>Caractéristiques générales du verger concerné :</b> espèces, densité, surface, porte greffe, port de l'arbre et conduite, mode de plantation, âge du verger au début de la pratique, âge du verger aujourd'hui, durée de la pratique, texture du sol, profondeur d'enracinement, % de cailloux dans le sol, irrigation <b>Détails de la pratique :</b> matériel utilisé, profondeur de travail du sol, nombre de passages, vitesse de passage, type de paillage, type d'enherbement <b>Evaluation (note de 1 à 3) :</b> maîtrise des adventices, coût moyen, rendement (quantité, qualité), temps de travail <b>Champ libre d'expression :</b> conditions de réussite ou d'échec

#### b) Diffusion

Cette enquête a été envoyée aux arboriculteurs par l'intermédiaire de différentes structures (centres techniques d'expérimentation (SEFRA, CTIFL, GRCETA Basse Durance), coopérative (Cofruid'Oc) et groupements ou associations bio ou non bio (GRAB, Agribio Ardèche et Drôme, Arbobiinfo)). En diffusant le questionnaire auprès de structures aussi diverses, nous avons souhaité toucher un maximum d'arboriculteurs sur tout le territoire métropolitain mais aussi des arboriculteurs qui sont

peu sollicités par rapport à des démarches de réduction d'intrants. Le but était d'ouvrir l'échantillon à d'autres types d'agriculteurs que ceux qui sont déjà très actifs (par exemple membre du réseau DEPHY) et très sollicités. Par ailleurs, un questionnaire en ligne permet de contacter un large échantillon rapidement et à moindres frais.

### c) Méthode d'analyse

Les réponses du questionnaire ont été retranscrites dans un tableur. Nous n'avons pas tenu compte des réponses des conseillers techniques ou d'ingénieurs de production. Ce ne sont pas des réponses d'arboriculteurs et nous considérons que les conditions d'une station expérimentale ne sont pas les mêmes que celle d'une exploitation agricole.

Par ailleurs, nous avons aussi écarté les réponses des exploitants spécialisés en petits fruits (cassis, fraise, framboise, groseille, mûre, myrtille). En effet, il s'agit de productions spécifiques qui n'ont pas les mêmes modes de conduite que l'arboriculture de fruits à pépins, à noyaux ou à coque. Finalement, nous obtenons 62 réponses exploitables (Tableau 4).

**Tableau 4 : Réponses de l'enquête en ligne**

Nombre total de réponses	99
<u>Réponses écartées de l'analyse :</u>	
doublons	-3
réponses d'arboriculteurs n'utilisant pas de pratiques alternatives	-8
réponses d'arboriculteurs spécialisés en petits fruits	-15
réponses ne provenant pas d'arboriculteurs	-11
<b>Nombre de réponses exploitées</b>	<b>62</b>

Le logiciel utilisé pour réaliser les traitements statistiques est le logiciel R (version 3.5.3). Pour les Analyses des Correspondances Multiples (ACM), nous avons utilisé la fonction MCA du package « FactoMineR » et pour les Classifications Ascendantes Hiérarchiques (CAH), la fonction HCPC (Hierarchical Clustering Principal Component) de ce même package.

#### *i) Méthode pour l'analyse statistique à l'échelle de l'exploitation*

L'objectif de cette première analyse statistique est d'établir une corrélation entre les caractéristiques d'une exploitation et la pratique alternative utilisée. Est-il possible de regrouper les exploitations en fonction de leurs pratiques alternatives et de trouver des caractéristiques spécifiques à chaque groupe ? Les résultats permettraient aussi d'éclairer le choix du sous échantillon des arboriculteurs à rencontrer.

Un premier tableau de données à l'échelle de l'exploitation agricole a donc été construit avec une ligne par agriculteur (62 individus statistiques) et 14 colonnes qui contiennent les informations exploitables de l'enquête en ligne.

Les variables actives utilisées pour faire l'ACM sont les 5 variables qualitatives correspondant aux pratiques alternatives utilisées sur le rang : désherbage mécanique (sous-entendu travail du sol), enherbement total, mulch, désherbage thermique et paillage plastique. Un agriculteur peut utiliser plusieurs pratiques alternatives.



Pour décrire et caractériser les composantes, nous avons aussi testé des variables supplémentaires (qui ne sont pas utilisées pour la construction des composantes) qualitatives et quantitatives : la localisation, le système d'exploitation, l'irrigation, la surface et le nombre d'espèces (Annexe 3 : Analyse statistique des données de l'enquête en ligne à l'échelle de l'exploitation, Tableau 10). Ces variables ont été choisies à partir de différentes hypothèses précédemment mentionnées (p.14 III) Objectifs et contenu du stage).

## *ii) Méthode pour l'analyse statistique à l'échelle de la pratique alternative*

L'objectif de cette deuxième analyse statistique est d'établir une corrélation entre les caractéristiques d'un verger (échelle de la parcelle) et la pratique alternative utilisée.

Toujours avec les résultats de l'enquête en ligne, un deuxième tableau de données a été construit cette fois-ci à l'échelle de la pratique alternative et donc du verger ou du groupe de vergers conduits avec la même pratique. Pour obtenir des résultats plus fiables, les lignes contenant des NA dans les variables actives ont été supprimées, cela ramène l'échantillon à 56 observations. Les variables actives pour l'ACM sont les différentes espèces fruitières, la texture du sol, le pourcentage de cailloux dans le sol et l'irrigation. Les variables supplémentaires sont la pratique alternative, l'âge du verger, la durée d'utilisation de la pratique et la satisfaction (Annexe 4 : Analyse statistique des données de l'enquête en ligne à l'échelle de la parcelle, Tableau 11).

Pour toutes les analyses statistiques, la modalité codée : NA indique un manque d'information ou une réponse incohérente. Les individus ayant des NA dans les variables supplémentaires n'ont pas été supprimés. Pour les variables supplémentaires qualitatives, la méthode de calcul de R remplace les NA par la moyenne de la variable correspondante.

Le nombre de groupes pour l'ACM a été choisi de façon à trouver le meilleur compromis entre le gain d'inertie et le nombre de groupe.

Une variable supplémentaire est considérée comme discriminante d'un groupe si la p-value associée est inférieure ou égale à 0,01. Pour les variables supplémentaires quantitatives, la moyenne du groupe est comparée à la moyenne de l'échantillon global. Pour les variables supplémentaires qualitatives, il s'agit de la proportion de chaque modalité.

## II) Entretiens semi-directifs

### **a) Objectifs**

Pour répondre à la problématique et approfondir le travail d'analyse des résultats de l'enquête en ligne, nous avons réalisé des entretiens semi-directifs auprès d'arboriculteurs ayant répondu à cette enquête. Les objectifs de ces entretiens sont multiples, il s'agit de :

- comprendre les raisons du choix de l'arboriculteur, de la (ou des) pratique(s) alternative(s) choisie(s) et donc les déterminants de ces pratiques.
- recueillir des informations de terrain pour évaluer les performances technico-économiques.

### **b) Présentation du guide d'entretien**

Ces entretiens semi-directifs portent sur un sujet précis, à savoir la gestion du désherbage sur le rang. La première partie de l'entretien aborde les caractéristiques générales de l'exploitation (Annexe 5 :

Grille d'entretien). Cette partie permet d'établir le contexte et le cadre de l'exploitation et donc par la suite de mieux comprendre les choix du chef d'exploitation.

Dans un deuxième temps, nous abordons les pratiques alternatives utilisées et les vergers associés. Il s'agit d'une part de décrire le verger correspondant et d'autre part de détailler l'itinéraire technique de la gestion du rang. Des données chiffrées et précises sur le temps de travail et les coûts sont aussi demandées ainsi que les raisons du choix de la pratique.

### **c) Sélection de l'échantillon**

Nous avons choisi des arboriculteurs parmi ceux ayant répondu à l'enquête en ligne, ces 62 arboriculteurs constituent notre base de données (Tableau 4). En effet, ils ont déjà pris le temps de répondre à l'enquête, ils sont peut-être plus sensibilisés à la problématique des alternatives aux herbicides et nous avons déjà certaines informations les concernant.

Nous aurions pu adopter la méthode d'échantillonnage qui consiste à solliciter des informateurs-relais, comme par exemple des conseillers techniques de CA ou de stations expérimentales, pour rassembler des contacts d'agriculteurs ayant adopté des pratiques alternatives. Ce n'est pas ce qui a été choisi car nous voulions : (i) valoriser les informations des arboriculteurs ayant répondu à l'enquête en ligne, et (ii) de ne pas centrer l'échantillonnage autour d'agriculteurs qui sont suivis par des conseillers ou qui sont très impliqués dans des groupes ou des réseaux.

Au vu des données disponibles, la méthode alternative ne semble pas être caractérisée par la localisation et pour des raisons logistiques, nous limitons les enquêtes aux régions PACA et Auvergne Rhône-Alpes (AuRA) (soit 30 sur les 62 arboriculteurs) (Figure 9). Une première prise de contact téléphonique auprès des agriculteurs permet de présenter l'étude, vérifier les informations recueillies grâce à l'enquête en ligne et demander des informations complémentaires (pratique alternative, non utilisation d'herbicide sur les vergers concernés, date d'adoption de la pratique, surface...) pour éventuellement fixer un entretien.

Au final, 15 arboriculteurs ont été enquêtés (Figure 9), les pratiques correspondantes sont le travail du sol, l'enherbement total et le paillage plastique. Cet échantillon ne se veut pas représentatif des arboriculteurs ayant adopté des pratiques alternatives. Les enquêtes durent entre 1 et 3 heures et ont eu lieu de fin avril à début juin, juste avant le pic de travail des premières récoltes.

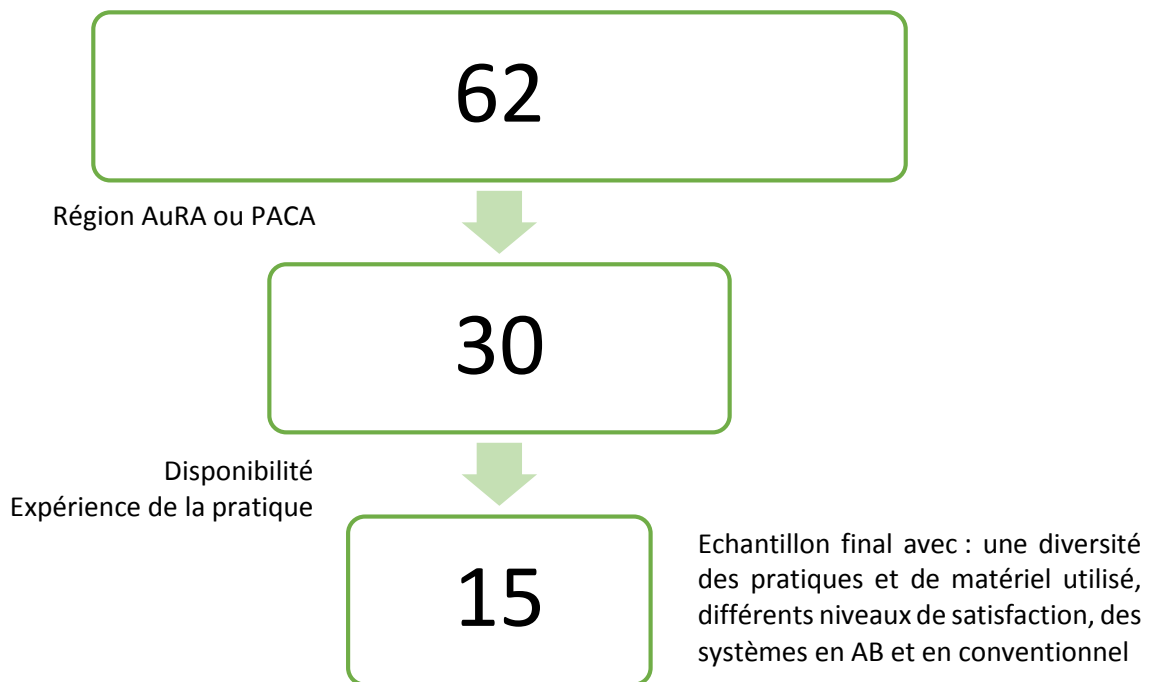


Figure 9 : Sélection des arboriculteurs enquêtés

#### d) Méthode d'évaluation technico-économique

A partir des données chiffrées récupérées lors des entretiens, nous avons calculé, pour chaque agriculteur, le coût total par hectare et par an de la gestion de l'herbe sur le rang (Équation 1) et le temps total associé (Équation 2). Ces facteurs influencent lourdement la mise en œuvre des différentes pratiques alternatives. Nous avons choisi ces deux indicateurs car l'une des questions à laquelle nous voulons répondre porte sur les conséquences techniques et économiques des différentes pratiques alternatives. De plus, nous avons constaté un manque de données sur les coûts des pratiques alternatives, il y a peu de chiffres et les valeurs sont très différentes selon les sources et les hypothèses de calculs (entre 260 €.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> (SudExpé n.d.) et 3000 €.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> (Contrat de solutions 2018)).

##### Équation 1

Coût, €.an<sup>-1</sup>.ha<sup>-1</sup>

$$= \frac{\sum_{\text{outil}} (\text{Amortissement} + \text{Carburant} + \text{Entretien} + \text{Consommables}) + \text{MO} + \text{Coût traction}}{\text{Surface totale}}$$

##### Équation 2

Temps total, h.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>

$$= \frac{\sum_{\text{outil}} (S * \text{Temps de travail})}{\text{Surface totale}}$$

Nous avons calculé un coût total « réel » le plus proche de la réalité (Annexe 6 : Détails des calculs), en utilisant les informations données par l'arboriculteur. Ce calcul réel justifie le fait que nous ayons fait des entretiens, l'objectif étant de recueillir des informations sur les pratiques d'arboriculteurs et des

données de terrain qui correspondent à ce qui est fait concrètement chez les arboriculteurs (et non ce qui est fait en conditions de stations expérimentales).

Parallèlement, nous avons aussi utilisé des données de références pour avoir un coût total « standard ». Les calculs standards sont moins liés aux cas particuliers, certaines données ont été homogénéisées pour pouvoir établir des comparaisons. Les principales différences entre le calcul du cas réel et du cas standard sont explicitées dans le Tableau 5.

**Tableau 5 : Choix pour les calculs « réel » et « standard »**

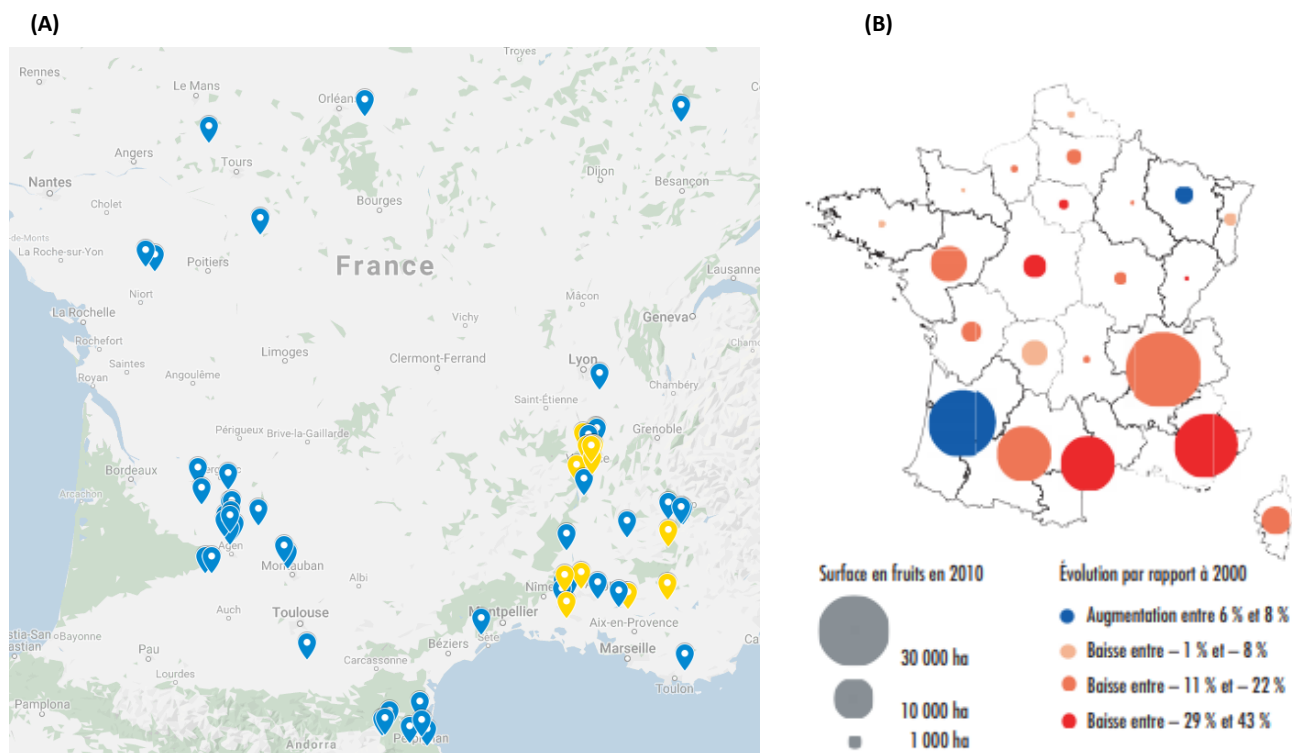
Termes de l'équation	Unité	Variables intermédiaires	Unité	Références/valeurs utilisées pour le calcul	
				« réel »	« standard »
<b>Amortissement</b>	€.an <sup>-1</sup>	Prix d'achat du matériel	€	A dires d'arboriculteurs	Prix de référence équivalent neuf
		Temps d'amortissement	an	A dires d'arboriculteurs	7 (SudArbo 2019)
<b>Carburant</b>	€.an <sup>-1</sup>	Prix des carburants	€.L <sup>-1</sup>	INRA de Gotheron (factures)	
		Temps de travail tracteur	h.an <sup>-1</sup>	A dires d'arboriculteurs	Estimations à partir des vitesses de passage des outils
		Consommation de carburant	L.h <sup>-1</sup>	Construction d'une échelle de consommation en fonction de l'outil	
<b>S (Surface cumulée annuelle)</b>	ha.an <sup>-1</sup>	Surface concernée	ha	A dires d'arboriculteurs	15 (Agreste 2013)
		Nombre de passages par an	an <sup>-1</sup>	A dires d'arboriculteurs	
<b>Entretien</b>	€.an <sup>-1</sup>	Coût d'entretien	€.ha <sup>-1</sup>	Données de référence (FN CUMA 2018)	
<b>Consommables</b>	€.an <sup>-1</sup>	Prix consommables	€.ha <sup>-1</sup>	Données de référence	
<b>MO</b>	€.an <sup>-1</sup>	Temps d'entretien du matériel	h.an <sup>-1</sup>	8 (estimation à dires d'experts)	
		Coût horaire main d'œuvre	€.h <sup>-1</sup>	15 (Chambre d'Agriculture Tarn-et-Garonne and CERFrance 2013)	
<b>Coût traction</b>	€.an <sup>-1</sup>	Coût horaire tracteur fruitier	€.h <sup>-1</sup>	10,5 (CUMA)	
<b>Surface totale</b>	ha	/	/	A dires d'arboriculteurs	15 (Agreste 2013)

Enfin, sur la question des pertes de rendement possibles suite à la mise en œuvre d'une pratique alternative, il existe peu de références. Nous distinguons les pertes de rendement liées à des jeunes arbres cassés ou abimés (perte de matériel végétal, nécessité d'investir dans des remplacements) et les pertes de rendement liées à des arbres moins vigoureux. Nous avons retenu la valeur de 1500 €.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> (Annexe 6 : Détails des calculs), les résultats finaux dans le cas « standard » ont été calculés avec et sans perte de rendement.

## Partie 3 : Résultats et discussion

### 1) Présentation de la population observée lors de l'enquête en ligne

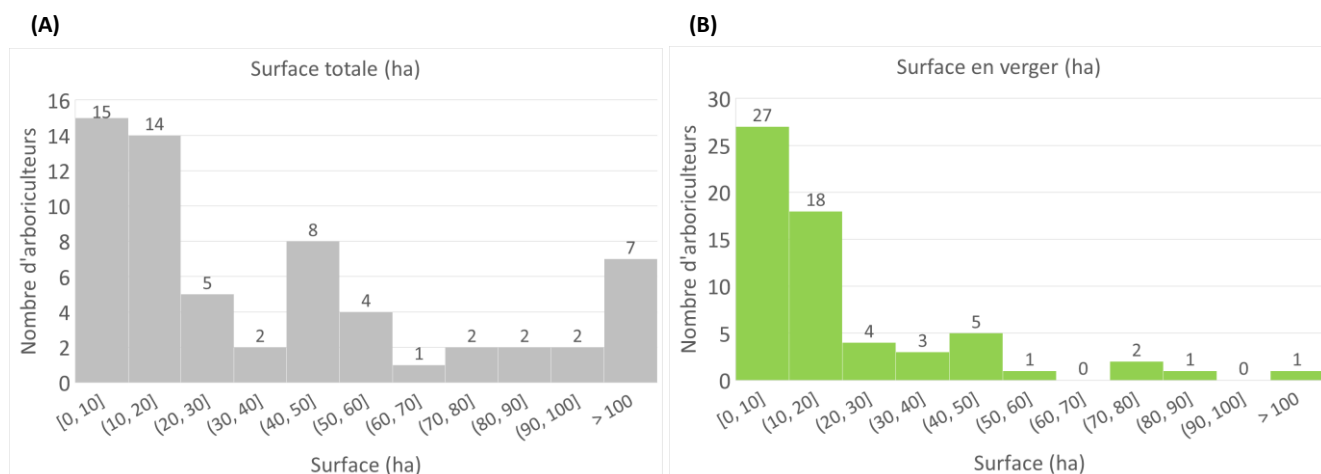
Les exploitations ayant répondu sont principalement situées dans la moitié Sud de la France (Figure 10) et particulièrement dans le Sud Est (premier bassin de production en arboriculture). Il y a assez peu d'exploitations des Pays-de-la-Loire et du Centre-Val-de-Loire, régions qui font partie du troisième bassin de production français (Figure 10).



**Figure 10 : (A) Carte des 62 exploitations ayant répondu à l'enquête en ligne avec en jaune les 15 arboriculteurs enquêtés, (B) Carte des superficies fruitières régionales en 2010 et évolution depuis 2000 (Agreste 2013 Recensement agricoles 2000 et 2010)**

**Premier bassin de production : Sud-Est (régions Rhône-Alpes, Provence-Alpes-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon)  
Deuxième bassin de production : Sud-Ouest (régions Aquitaine et Midi-Pyrénées) et troisième bassin de production : région Centre et région Pays de la Loire**

Les exploitations de l'échantillon sont de tailles variables avec une majorité d'exploitations de moins de 20 ha (31 sur 62 exploitations, soit 50 %) (Figure 11), à l'image des exploitations fruitières à l'échelle nationale (80 % (Agreste 2007c)). En moyenne, la surface totale est de 51 ha avec pour valeurs extrêmes 300 et 1 ha.

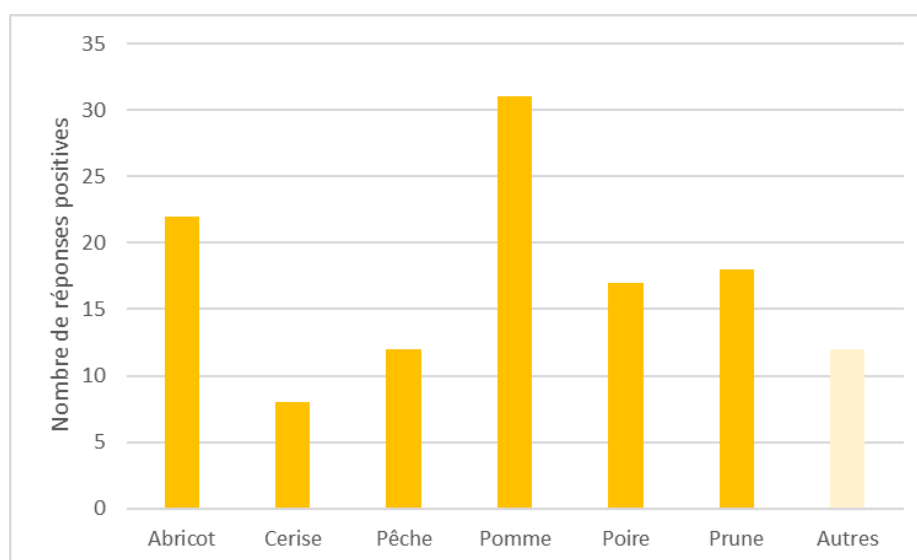


**Figure 11 : (A) Graphique du nombre d'arboriculteurs en fonction de la surface totale de leur exploitation, (B) Graphique du nombre d'arboriculteurs en fonction de leur surface en verger**

De plus, 73 % des exploitations ont un verger inférieur à 20 ha (Figure 11), ce chiffre s'élève à 91 % à l'échelle nationale. L'échantillon comprend donc des exploitations plutôt plus grandes que l'ensemble des exploitations fruitières françaises. Enfin, le rapport entre la surface en verger et la surface totale s'élève en moyenne à 57 % (à comparer à 19 % pour le verger français). Les 62 exploitations sont donc en moyenne plutôt des exploitations spécialisées en arboriculture.

Par ailleurs, notre échantillon comprend 24 exploitations en AB et 14 partiellement en AB (soit 61 % au total) et 24 exploitations en BI (Bas Intrants) et en conventionnel. Il y a donc une surreprésentation de ce type d'exploitation par rapport à l'ensemble des exploitations fruitières françaises : « En 2010, 11 % (...) possèdent une certification « Agriculture biologique » pour au moins l'un des produits de l'exploitation (fruit ou autre) » (Agreste 2013). Cette surreprésentation s'explique par le fait que l'utilisation de pratiques alternatives aux herbicides est obligatoire pour les producteurs certifiés AB.

Les espèces citées sont (par ordre alphabétique) : abricot, amande, cerise, châtaigne, coing, figue, grenade, kiwi, nashi, noisette, noix olive, pêche, poire, pomme, prune, prune d'ente, raisin de table (Figure 12). La pomme, suivie de l'abricot, est l'espèce la plus représentée (comme à l'échelle de la France).



**Figure 12 : Graphique du nombre de réponses des différentes espèces**

La pratique la plus utilisée est le désherbage mécanique (sous-entendu travail du sol) suivi de l'enherbement (Figure 13).

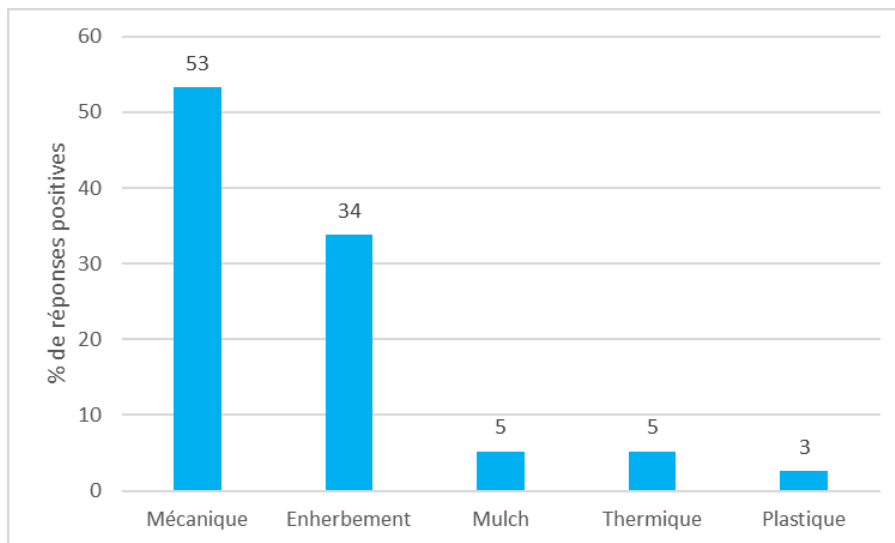


Figure 13 : Graphique de la répartition des différentes pratiques

La majorité des exploitants ayant répondu à l'enquête irriguent (au moins 81 %). Cela peut être lié au fait que les exploitations sont principalement localisées dans la moitié sud de la France. De façon générale, l'arboriculture est une production largement irriguée, 74 % de la surface du verger français est irriguée (soit 64 % des exploitations).

## II) Analyse statistique des réponses de l'enquête en ligne

### a) Résultats

Dans un premier temps, en se plaçant à l'échelle de l'exploitation, les variables contenant les informations liées aux pratiques alternatives ont été mobilisées dans une ACM puis une CAH pour décrire l'échantillon observé.

Un modèle à deux composantes permet d'expliquer plus de 50 % de la variance. La première dimension est positivement corrélée ( $p\text{-value} > 0,01$ ) à la pratique de l'enherbement total et négativement corrélée au désherbage mécanique (Figure 14). La deuxième dimension est positivement corrélée au paillage plastique et négativement à l'enherbement.

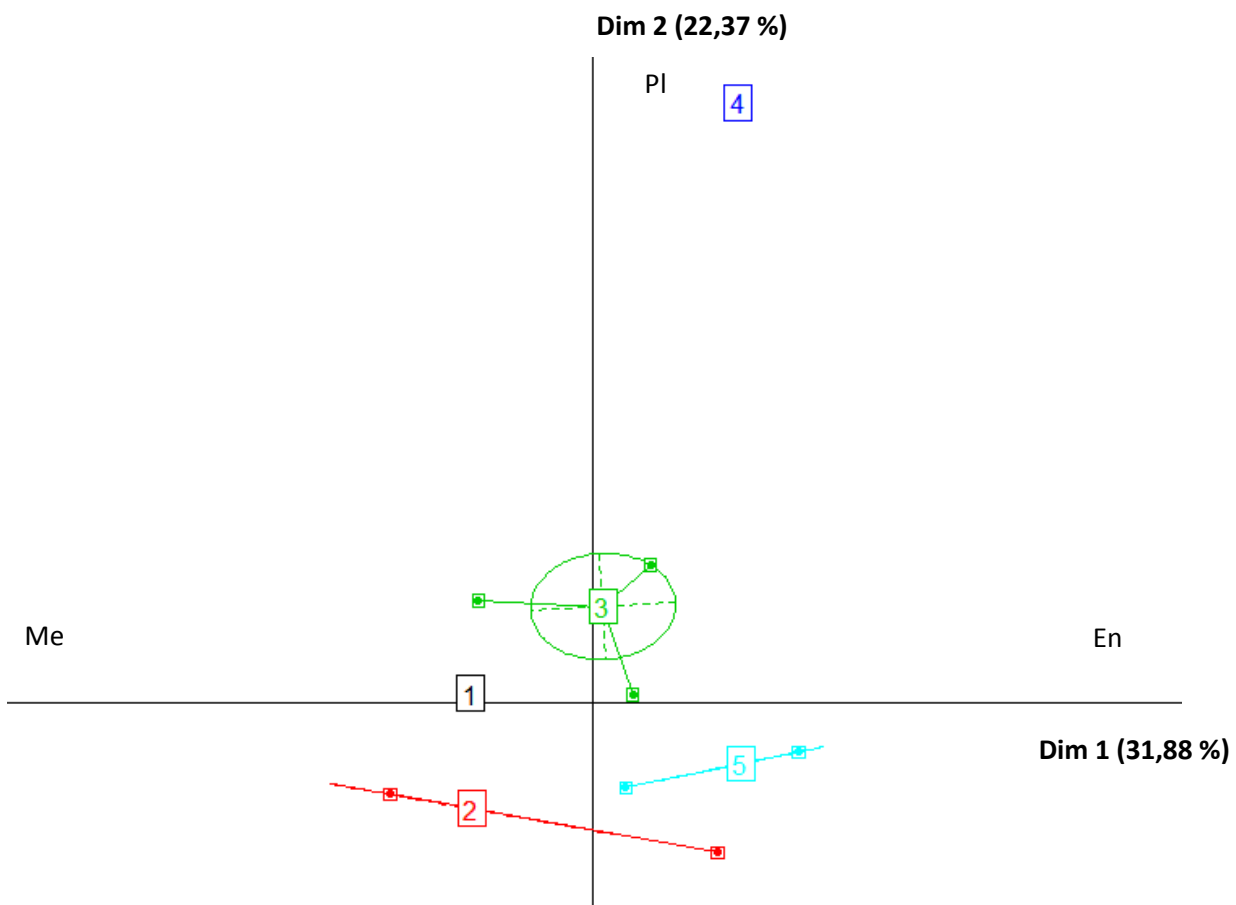


Figure 14 : Graphique représentant la distribution et le regroupement des 62 arboriculteurs

Les composantes 1 et 2 expliquent 54.25 % de la variance. Les ellipses sont centrées sur le centroïde de chaque groupe.

Les 62 individus se séparent en 5 groupes (Tableau 6). Le premier groupe est composé exclusivement d'arboriculteurs qui font du désherbage mécanique.

Tableau 6 : Groupes d'arboriculteurs à l'issue de la CAH

N° de groupe (cluster)	Nombre d'arboriculteurs	Pratique majoritaire
1	28	Mécanique
2	4	Thermique
3	4	Mulch
4	2	Paillage plastique
5	24	Enherbement et mécanique

Au vu des données, nous ne pouvons pas observer de lien statistiquement significatif (à hauteur de 1%) entre les variables supplémentaires et les groupes d'arboriculteurs pour les caractériser. Les résultats ne montrent pas de surreprésentation d'une modalité d'une variable qualitative dans un des groupes. Par exemple une hypothèse selon laquelle les agriculteurs en conventionnel utiliseraient préférentiellement la technique du paillage plastique ne peut pas être validée. De la même façon, aucune des variables illustratives quantitatives (surface totale, surface arboricole/surface totale, nombre d'espèce total, nombre d'espèces cultivées sur des parcelles avec une pratique alternative, rapport de ces deux nombres et rapport entre la surface de parcelles avec une pratique alternative et le surface arboricole totale) n'est significativement explicative d'un cluster. Nous ne pouvons pas



distinguer une variable qui décrit mieux un groupe que l'ensemble de l'échantillon. De façon générale, il n'y a pas de différence significative entre la moyenne de la population totale et la moyenne des individus du groupe. Cette étape ne nous permet donc pas de discriminer les différentes pratiques.

Dans la deuxième approche, nous avons effectué une analyse statistique similaire mais à l'échelle de la pratique alternative. Là encore, en formant des groupes selon les variables actives (liées à l'espèce, le type de sol et l'irrigation), nous ne pouvons pas conclure quant à une utilisation préférentielle d'une pratique.

Finalement, l'analyse statistique ne permet pas de répondre à la première question des déterminants des pratiques alternatives.

## **b) Discussion et pistes d'amélioration**

Nos résultats peu probants peuvent s'expliquer, premièrement, par un échantillon statistiquement peu significatif car pas assez large, composé de 62 individus seulement. De plus, pour certaines variables supplémentaires (localisation, irrigation, texture et pratique) les modalités sont inégalement réparties, certaines ne sont pas représentées de façon significative (effectifs trop faibles) ce qui peut expliquer le fait que nos données ne nous permettent pas de conclure.

Deuxièmement, il est peut-être réducteur de vouloir lier l'adoption d'une pratique alternative à un nombre limité de facteurs et orienté autour des aspects agronomiques (surfaces, âge du verger, texture du sol...). Il y a certainement beaucoup d'autres variables explicatives qui entrent en jeu et qui interagissent : des facteurs internes à l'exploitation (pression de ravageurs, pente, qualification et disponibilité de la main d'œuvre...), à l'exploitant (âge, propension au risque, formation...) et enfin ceux liés au reste de la filière (conseil, débouchés, mode de commercialisation, cahier des charges...).

Troisièmement, on peut se poser la question de la fiabilité des données de l'enquête en ligne. En appelant par téléphone un sous échantillon d'arboriculteurs pour demander des précisions sur la ou les pratiques utilisées, il a été fréquent de recueillir des propos contradictoires ou incohérents par rapport à ce que l'arboriculteur avait répondu en ligne.

Une autre ambiguïté concerne le terme de désherbage « mécanique ». Les outils suivants : broyeur, tondeuse à fil, débroussaileuse, rouleau et brosse sont des outils de désherbage mécanique. Cependant ils correspondent plutôt à la pratique de l'enherbement, les vergers conduits uniquement avec ses outils sont des vergers totalement enherbés. Il aurait été plus précis de parler de désherbage mécanique avec travail du sol et d'enherbement total.

L'enquête en ligne est complétée en autonomie, si l'arboriculteur ne prend pas le temps de lire avec attention les questions ou si certains termes lui paraissent ambigus, les réponses peuvent être faussées. L'arboriculteur n'a pas forcément le temps de répondre et peut se lasser des questions répétitives (espèces, surface du verger concerné, porte greffe...) ou ne pas avoir les données chiffrées en tête (densité de plantation, pourcentage de cailloux dans le sol, durée d'utilisation de la pratique...) ce qui donne des réponses incomplètes. Ainsi, l'enquête en ligne est un outil de traque à l'innovation à prendre avec précaution.

Des pistes d'amélioration pour une éventuelle future utilisation de cette méthode de collecte de données sont : de faire un questionnaire plus concis et qui utilise des filtres et des branchements. Cela permet, par exemple, que les questions concernant la pratique du désherbage thermique ne s'affichent pas aux arboriculteurs qui n'utilisent pas cette pratique. Les termes « rang » et « inter-rang » ne sont pas assez précis et portent à confusion. Certaines réponses sont ainsi erronées car l'arboriculteur considère qu'il enherbe le rang alors qu'il enherbe ce que nous avons appelé l'inter rang et qu'il utilise un herbicide sur le rang (un schéma aurait pu être ajouté). La collecte des réponses est plus simple et plus fiable avec des questions fermées où il suffit de cocher la ou les réponse(s)

choisie(s). Cependant, cela nécessite, lors de la conception du questionnaire, de réfléchir aux réponses proposées qui peuvent orienter les enquêtés mais aussi faire perdre de l'information si les classes proposées ne sont pas assez précises. Par exemple concernant l'âge du verger, il est possible de proposer seulement 2 réponses (jeune ou adulte) ou alors beaucoup plus (première, deuxième feuille, troisième feuille, verger adulte, verger adulte en pleine production, vieux verger).

### III) Résultats et discussion des entretiens

#### a) Déterminants de l'arrêt du désherbage chimique

Parmi les arboriculteurs enquêtés, plusieurs (7) ont évoqué le passage en AB comme motif décisif à l'arrêt des herbicides. Par ailleurs, nous remarquons que deux exploitations n'ont jamais utilisé d'herbicides puisqu'elles ont toujours été en AB.

Presque tous ont aussi évoqués des raisons en lien avec leurs convictions personnelles et leur volonté de réduire voire d'arrêter l'usage des pesticides par souci environnemental ou par rapport à leur santé. Cette volonté de diminuer les intrants phytosanitaires est aussi mentionnée par des agriculteurs en conventionnel qui n'utilisent plus d'herbicides mais qui ne bénéficient pas des prix de vente plus élevés des fruits certifiés AB.

Deux exploitations en conventionnel, qui commercialisent une part importante de leur production en circuits courts et qui disposent d'une station de conditionnement, affichent sur leurs plateaux et leurs étiquettes la mention « 0 glyphosate » ou « verger responsable ». L'arrêt du chimique est donc aussi un argument de vente et constitue une réelle différenciation de produit au sein de l'offre des fruits non certifiés AB.

Une autre raison souvent évoquée est le fait d'anticiper sur la réglementation et ne pas se faire prendre de cours face à la diminution du nombre de molécules encore autorisées. Par ailleurs, plusieurs exploitants estiment qu'il faut « tourner la page des herbicides » et qu'il est temps de changer de gestion des adventices avant d'être au pied du mur. Les herbicides apparaissent comme une voie de moins en moins pérenne : stratégiquement il semble nécessaire de s'en écarter.

Un arboriculteur explique avoir abandonné le chimique pour des raisons d'érosion des sols.

Enfin, au moins 9 des 15 arboriculteurs sont accompagnés et suivis régulièrement par un technicien de chambre d'agriculture, d'une coopérative, ou du GRCETA de Basse Durance. Deux exploitations font partie du réseau DEPHY ferme et l'un des chefs d'exploitation indique aussi avoir passé le cap grâce au réseau et le fait d'être accompagné. Nous pouvons supposer que les partages d'expériences au sein du réseau et les démonstrations de pratiques alternatives participent à leur diffusion.

De façon générale, dans les perspectives des arboriculteurs enquêtés figure souvent la volonté d'augmenter la surface de verger désherbée sans herbicide. Aucun n'a déclaré ne pas continuer la mise en œuvre de la pratique alternative.

#### b) Déterminants du choix parmi les différentes pratiques alternatives

Une fois que la décision de ne plus utiliser d'herbicide a été prise se pose la question du choix de la pratique alternative. Un arboriculteur enquêté évoque 3 critères de choix : l'efficacité, le coût de l'investissement initial et le coût d'utilisation (directement lié au temps de travail).

Le matériel disponible et les caractéristiques des outils peuvent grandement influencer le choix de la pratique choisie (vitesse de passage, présence d'un palpeur, solidité de la machine, consommables, mouvement rotatif animé ou outil simple, dimensions, adaptabilité du châssis, etc...). Cinq des

agriculteurs rencontrés avaient envisagé le travail du sol ou l'enherbement mais c'est en fonction de l'offre en matériel, en essayant différents outils ou en allant à des démonstrations qu'ils ont véritablement pris leur décision.

Les déterminants pour le désherbage mécanique sont multiples. En effet, les arboriculteurs enquêtés ont choisi de désherber mécaniquement leur verger (i) parce qu'ils disposaient déjà de matériel de travail du sol, ou pour (ii) limiter la présence de rongeurs, (iii) enfouir l'amendement, (iv) améliorer l'infiltration de l'eau ou enfin (v) améliorer la structure du sol. Ils sont pour la plupart satisfaits de cette pratique alternative, sur les cinq qui ne désherbent pas mécaniquement toute leur surface en arboriculture, tous ont comme perspective de généraliser cette pratique à d'autres parcelles ou à leurs prochaines plantations. Néanmoins, la présence de cailloux et le type de sol sont parmi les premiers freins évoqués concernant cette pratique alternative. Le temps de travail est aussi jugé parfois trop important. De même, le nombre de passages élevé nécessaire pour un résultat efficace questionne plusieurs arboriculteurs sur le bilan carbone de cette pratique. Pour les fruits à coques dont la récolte s'effectue au sol, le travail du sol n'est pas une option.

Concernant l'enherbement, les principaux déterminants sont, au contraire, le non travail du sol et le temps de travail réduit que cela implique. Un de ceux qui le pratique indique avoir testé le désherbage mécanique mais les résultats n'étant pas satisfaisants (efficacité moyenne), il est revenu à l'enherbement du rang. Le fait de vouloir favoriser la biodiversité de la strate herbacée et la porosité du sol sont aussi des raisons ayant poussé plusieurs arboriculteurs à l'enherbement du rang. Pour certains, cette pratique s'impose du fait de l'érosion des sols sur des parcelles pentues. A l'inverse, beaucoup indiquent ne pas avoir choisi l'enherbement à cause de la concurrence (même si, parmi eux certains l'envisagent éventuellement en vergers installés). La question des rongeurs est aussi évoquée lors des entretiens, l'enherbement favorise leur présence et cela favorise aussi l'humidité et les gelées tardives.

Les deux arboriculteurs rencontrés ayant choisi le plastique l'ont fait principalement pour réduire leur temps de travail. Malgré un chantier de pose de la toile (dont la durée de vie est d'environ 7 ans) très long, l'objectif est de faire ensuite le moins de passage possible dans les vergers. Les arguments évoqués contre l'utilisation du paillage plastique renvoient au problème des rongeurs, au risque d'abimer la toile avec les nombreux passages d'engins mais aussi à la durabilité écologique de la toile. Pour certains il n'est pas logique d'arrêter les herbicides pour utiliser du plastique, cela va à l'encontre de leurs convictions personnelles. La durée de vie et le devenir de ces plastiques souillés (et difficilement recyclables) posent question.

Nous n'avons pas rencontré d'arboriculteurs utilisant le désherbage thermique. Pour beaucoup cette technologie n'est pas encore opérationnelle, son coût est prohibitif. De plus, elle est décrite comme trop énergivore et n'est pas réalisable à l'échelle d'une exploitation.

### **c) Diversité de mise en œuvre du désherbage mécanique**

Le tableau ci-dessous (Tableau 7) rend compte des caractéristiques principales des différentes exploitations pratiquant le désherbage mécanique avec travail du sol. Ces caractéristiques ont été choisies pour confirmer ou infirmer les hypothèses ou les connaissances théoriques développées en première partie du rapport. Cela permet notamment de décrire les différentes caractéristiques techniques et agronomiques des huit mises en œuvres du désherbage mécanique.

On observe tout d'abord que les tailles des exploitations sont variées allant de 5 ha à 200 ha (contrairement à ce qui a été suggéré par une des hypothèses formulées (p.14, III) Objectifs et contenu du stage). Il y a donc évidemment des différences importantes entre les fonctionnements de ces exploitations concernant tout d'abord la capacité d'investissement et la main d'œuvre mais aussi le volume de production, les économies d'échelle, les débouchés...

**Tableau 7 : Caractéristiques des arboriculteurs pratiquant le désherbage mécanique**

(CO, Conventuel ; AB, Agriculture Biologique ; susp, suspendu ; e, enterré ; i, par inondation)

Exploitation :	Unité	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
SAU	ha	88	22	60	200	27	10	32	5
Surface verger	ha	31,5	12	48	40	10	10	27	2
Surface mécanique	ha	15	12	38	1,4	8	10	13	2
Mode de production du verger mécanisé	/	CO	CO	AB CO	AB	CO	AB	AB CO	AB
Mode de commercialisation	/	CL (CC)	CL (CC)	CL	CL	CL (CC)	CL (CC)	(CL) CC	(CL) CC
Type d'irrigation	/	susp	sol, susp	sol, susp	susp	sol	susp, e	susp	susp, i
Nombre de passages total par an	/	13	6	4	4	6	4	4	4
Espèces	/	abricot pêche	abricot cerise kiwi pêche poire pomme prune	abricot cerise châtaigne nashi poire pomme	poire	abricot cerise	cerise poire pomme	pêche pomme grenade	abricot cerise figue pêche poire pomme prune

L'importance relative de la partie arboriculture est variable. Pour certaines exploitations, plutôt spécialisées en production fruitière, la surface en verger occupe plus de 80 % de la SAU (M3, M6, M7) alors que d'autres largement tournées vers d'autres productions sont des exploitations mixtes. Une partie de la SAU est exploitée en grandes cultures (principalement blé, colza, maïs, céréales, pois et tournesol), en maraîchage ou en vigne. Cela permet de diversifier les productions et aussi de disposer de surfaces pour faire des rotations avec les vergers. Nous pouvons noter que le maraîchage et la viticulture sont des activités ayant des besoins en main d'œuvre importants, ce qui pourrait sembler a priori incompatible avec la pratique du désherbage mécanique des vergers.

Les surfaces concernées par le désherbage mécanique varient de 1,4 à 38 ha, quatre exploitations (M1, M2, M6, M7) désherbent environ 12 ha. L'exploitation M4 ne désherbe mécaniquement que 1,4 ha sur les 40 ha de vergers car cela correspond à la seule parcelle en AB. Le désherbage mécanique est aussi pratiqué sur certaines autres parcelles ponctuellement et en complémentarité avec le désherbage chimique.

Les exploitations enquêtées ont des vergers en AB et en conventionnel, le désherbage mécanique est donc aussi pratiqué par des arboriculteurs en conventionnel qui souhaitent réduire leur utilisation de produits phytosanitaires. Dans l'ensemble, tous disent devoir apprendre à accepter un résultat moins net que celui obtenu avec un désherbage chimique.

Les modes de commercialisation sont ici regroupés entre circuits courts<sup>1</sup> et circuits longs. Les marges entre ces deux modes de distribution peuvent être très différentes, en général l'absence d'intermédiaires résulte en une marge plus importante pour le producteur (Aubry and Chiffolleau 2009; Maréchal 2008) mais du temps de travail en plus et une organisation différente (stands sur les marchés,

<sup>1</sup> Modalités des ventes qui comportent un intermédiaire au plus entre le producteur et le consommateur final (DGCCRF 2019).

livraisons, préparation des commandes, transformation, répartition des ventes sur l'année...). Comme évoqué précédemment, l'arrêt du désherbage chimique peut être mieux valorisé par la vente en circuit court (p.27, a) Déterminants de l'arrêt du désherbage chimique).

La plupart des exploitants ont un mode d'irrigation suspendu ou enterré ce qui est tout à fait compatible avec le passage d'un outil sur le rang. En revanche, nous remarquons que trois vergers ont des systèmes d'irrigation avec des tuyaux au sol, or nous avons vu précédemment que cela est incompatible avec le passage d'outils. Le point commun de ces trois exploitations est l'utilisation de lames horizontales bineuses intercep (Annexe 2 : Désherbage mécanique, présentation des principaux outils). D'après les propos recueillis, ces lames peuvent être utilisées sous des tuyaux de goutte à goutte si ceux-ci sont suffisamment tendus le long des troncs ou sous certains tuyaux d'aspersion (assez gros et épais). Cependant, le passage de la lame est effectué avec précaution et souvent par un tractoriste expérimenté. Ces arboriculteurs reconnaissent qu'un système d'irrigation au sol n'est pas idéal mais que cela reste gérable (en attendant éventuellement de surélever les tuyaux) pour des vergers qui n'ont pas été conçus en vue d'un désherbage mécanique.

Le nombre de passages par an varie de 4 à 6 passages sauf pour un exploitant. M1 indique passer entre 10 et 13 fois par an : certains passages sont combinés à l'incorporation de l'engrais, les passages sont effectués très régulièrement pendant la repousse de l'herbe afin d'éviter toute concurrence avec les arbres et pour ne pas laisser les graminées arriver à épiaison. Cette diversité de nombres de passages, montre bien qu'il n'y a pas une façon de désherber mécaniquement un verger, mais une multitude.

De même, une large gamme d'outils a été retrouvée chez notre échantillon de seulement huit arboriculteurs. Cela permet de souligner la diversité de mise en œuvre de la pratique alternative du travail du sol. Presque tous les arboriculteurs ont plusieurs outils afin de combiner différents modes d'actions pour plus d'efficacité et pour éviter de ne sélectionner qu'un seul type d'adventice. Trois arboriculteurs ont des outils prototypes faits sur mesure et un arboriculteur a fabriqué lui-même un de ses outils.

Le Tableau 7 montre la diversité des espèces fruitières des vergers concernés et donc des formes d'arbres généralement associées. Nous voyons que les formes palissées et les formes non palissées sont désherbées mécaniquement. Le palissage permet de suspendre l'irrigation plus facilement. Pour plusieurs arboriculteurs, le système de conduite des arbres est un facteur important : la taille en gobelet rend le désherbage mécanique moins aisé car il est plus difficile de passer près des troncs en comparaison à des arbres taillés en axe ou en palmette.

Par ailleurs, pour la majorité des arboriculteurs, l'espèce n'est pas un déterminant pour choisir de désherber mécaniquement ou non un verger (seulement deux arboriculteurs l'ont évoqué, dans un cas il s'agit de vergers de kiwis, dont les racines sont jugées trop superficielles, dans un autre cas, un vieux verger de cerisiers aux racines traçantes).

Certains arboriculteurs indiquent qu'il ne faut commencer le désherbage mécanique que sur des jeunes arbres (moins de 4 ans), au-delà, les racines ne se sont pas formées assez en profondeur et seront donc blessées par le passage des outils. Commencer le désherbage mécanique dès la plantation force les arbres à prospecter les horizons profonds. Au contraire, d'autres arboriculteurs (M2, M3, M4, M5, M6, M8) témoignent avoir commencé cette pratique sur des arbres adultes et ne pas avoir rencontré de problème. M2 explique qu'un travail progressif (d'abord peu profond) peut permettre de ne pas couper trop de racines d'un coup. Ces deux visions rejoignent ce qui peut être trouvé dans la bibliographie scientifique et technique (p. 6, Désherber sur le rang).

Parmi les arboriculteurs rencontrés, les niveaux de satisfaction sont variables. Le rendu final n'est pas intégral mais pour la majorité des enquêtés, cela n'est pas gênant et ils se disent satisfaits. En revanche, plusieurs estiment que le résultat n'est pas à la hauteur du chimique et qu'il faut apprendre à réajuster son seuil de tolérance.

## d) Diversité de mise en œuvre de l'enherbement total

De la même façon que pour les arboriculteurs pratiquant le travail du sol, nous observons une grande diversité parmi ceux ayant des vergers enherbés (Tableau 8). La taille des exploitations varie de 60 à 15 ha, quatre sur les six ont d'autres productions végétales que l'arboriculture, ils peuvent utiliser leurs outils de gestion de l'enherbement sur d'autres parcelles que les vergers.

Les surfaces concernées par l'enherbement vont de 0,5 à 40 ha. Nous avons rencontré des chefs d'exploitations certifiées ou non certifiées AB et ayant recours à des circuits de commercialisation variés.

**Tableau 8 : Caractéristiques des arboriculteurs pratiquant l'enherbement total**

(CO, Conventuel ; AB, agriculture biologique ; susp, suspendu ; e, enterré ; i, par inondation)

Exploitation :	Unité	E1	E2	E3	E4	E5	E6
SAU	ha	86	51	16	60	32	15
Surface verger	ha	10	17	16	60	27	4
Surface enherbement	ha	6,5	17	16	40	4	0,5
Mode de production du verger enherbé	/	AB CO	AB	AB	CO	AB CO	AB
Mode de commercialisation	/	(CL) CC	CL	CL	CL	(CL) CC	CC
Type d'irrigation	/	susp	sol, susp, e	susp	susp, e	susp, e	sol, e
Nombre de passages total/an	/	4	3	4	8	8	4
Espèces	/	abricot pêche pomme	abricot cerise pêche poire	pomme	noix	kiwi noix raisin de table	figue

Deux arboriculteurs utilisent une Herbanet (outil à fil à rotor horizontal), un arboriculteur a acheté un outil à brosses et les autres ont des tondeuses, broyeurs ou débroussailleuses.

Presque tous les arboriculteurs s'accordent sur le fait que l'irrigation doit impérativement être suspendue ou enterrée pour permettre le passage des outils. En irrigation enterrée, les arroseurs qui dépassent du sol doivent tout de même être esquivés. Un des arboriculteurs a quelques rangs dans une parcelle où les tuyaux sont au sol et doit utiliser une débroussailleuse. L'exploitant E2 a des vergers avec des tuyaux d'irrigation posés au sol, des tuyaux enterrés et des tuyaux suspendus, et passe avec l'Herbanet dans tous ses vergers.

On observe notamment une grande diversité d'espèces, malgré le fait que certains évoquent ne pas faire de l'enherbement total sur leurs abricotiers car ils estiment que cette espèce est plus sensible à la concurrence. Un autre mentionne le fait que l'Herbanet est très agressive par rapport aux auxiliaires (forficules sur poiriers).

Plusieurs enquêtés ont commencé cette pratique sur de jeunes arbres (E1, E4) mais d'autres privilégient les arbres adultes (pour éviter d'abîmer l'écorce ou de casser les scions). La fertilisation a notamment été ajustée dans les jeunes vergers (chez E1) conduits en enherbement total (augmentation des apports de 20 % environ les 2 ou 3 premières années).

Quand la pratique est adoptée à la plantation ; l'enherbement est semé, sinon il s'agit de la flore spontanée. En verger installé, l'ombre des arbres limite la pousse de l'herbe ce qui peut faire économiser des passages.

Le nombre de passages par an varie entre 3 et 8, la gestion de l'herbe est principalement adressée en saison à partir d'avril et jusqu'à la récolte, puis souvent un passage à l'automne. Les deux arboriculteurs faisant 8 passages font en réalité 4 interventions dans l'année (un passage de tondeuse ou broyeur non déporté suivi d'un passage de débroussailluse pour passer autour des troncs). Certains des arboriculteurs s'intéressent à des broyeurs qui permettent de déporter la coupe sur le rang (paillage végétal). Les arboriculteurs ayant adopté cette pratique sont satisfaits, deux d'entre eux observent même des arbres très vigoureux.

## e) Diversité de mise en œuvre du paillage plastique

Tableau 9 : Caractéristiques des arboriculteurs pratiquant le paillage plastique

Exploitation :	Unité	P1	P2
SAU	ha	19	50
S verger	ha	14	40
S plastique	ha	4	10
Mode de production du verger paillé	/	CO	CO
Mode de commercialisation	/	CC	CL
Type d'irrigation	/	au sol	au sol
Nombre de passages total/an	/	/	/
Espèces	/	pêche	abricot pêche

Nous n'avons rencontré que deux arboriculteurs utilisant des toiles tissées (Tableau 9), cette pratique est beaucoup moins répandue que les deux précédentes. Ces deux exploitations sont en conventionnel, l'une est de taille relativement importante (50 ha) et a une partie de la surface en grandes cultures. Dans les deux cas, les tuyaux d'irrigation sont posés au sol et sous la toile, certaines parcelles sont en goutte à goutte (système idéal pour les deux arboriculteurs) mais d'autres sont en micro-aspersion (la toile est perméable).

Les espèces concernées sont des espèces à noyaux ; P1 a aussi des vergers de pommiers qu'il n'a pas installés avec du paillage plastique à cause des campagnols.

Il convient donc d'éviter les espèces et les portes greffes les plus sensibles. De la même façon, P2 n'utilise pas de toile sur une parcelle où la pression en campagnols est trop élevée.

Enfin, dans les deux cas, cette pratique a été mise en place que sur des jeunes vergers car la pose de la toile est plus aisée à la plantation (que sur verger adulte). P1 et P2 sont plutôt très satisfaits de leur système. Leurs observations montrent une pousse des arbres plus régulière grâce en partie à la meilleure régulation de l'hygrométrie. P2 a choisi le paillage plastique compte tenu de ses sols (faible rétention en eau) mais ce n'est pour lui qu'une solution transitoire. A terme, il espère pouvoir faire de l'enherbement total avec des espèces choisies judicieusement, cela semble pour lui la solution qui a le plus de sens du point de vue agronomique. Les deux arboriculteurs vont continuer à l'installer sur tous leurs nouveaux vergers.

Grâce à un échantillon de 15 arboriculteurs, nous avons pu mettre en évidence la diversité de mise en œuvre des pratiques alternatives aux herbicides. A travers les exemples des 8 arboriculteurs qui travaillent le sol sur le rang et des 6 qui pratiquent l'enherbement total, nous observons déjà une variabilité de caractéristiques techniques et agronomiques associée à ces pratiques. Il convient donc clairement de parler des désherbages mécaniques plutôt que du désherbage mécanique. Ce résultat peut expliquer le fait que nous n'ayons pas trouvé de caractéristiques communes entre les arboriculteurs mettant en œuvre la même pratique lors de l'analyse statistique de l'enquête en ligne. Cela permet aussi de justifier l'intérêt des entretiens plus approfondis chez les arboriculteurs et l'évaluation technico-économiques des différents cas.

## f) Résultats technico-économiques des pratiques alternatives

### i) Résultats économiques

Le graphe (Figure 15) représente les résultats économiques des trois pratiques alternatives et montre que le coût total varie au sein d'un même groupe de pratiques, contrairement aux valeurs du désherbage chimique trouvées dans la littérature. Cela correspond à la diversité de leur mise en œuvre par les arboriculteurs.

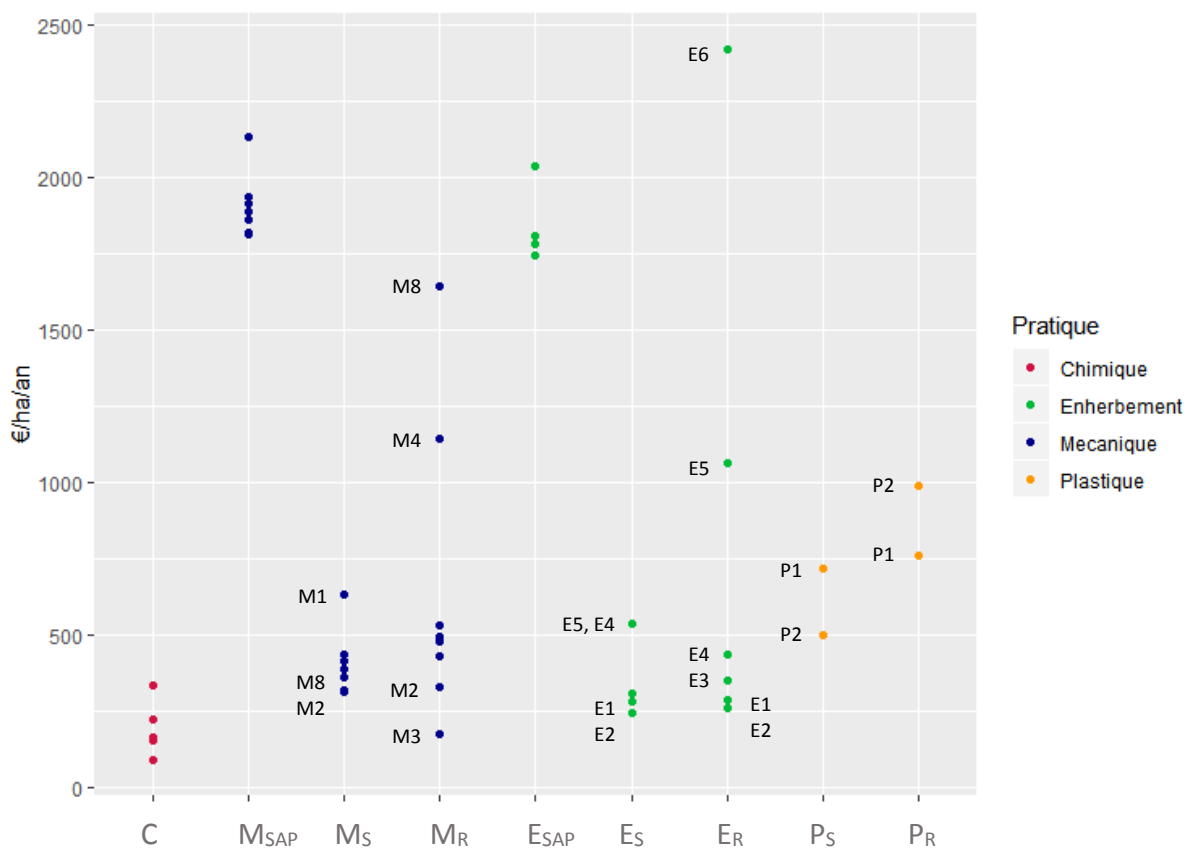


Figure 15 : Graphique du coût de la gestion du rang en fonction des différentes pratiques et méthodes de calcul

C : désherbage chimique, valeurs trouvées dans la bibliographie (DEPHY 2019; SudExpé n.d.)

M : Mécanique avec travail du sol

E : Enherbement

P : Paillage plastique

S : calcul « Standard », R : calcul « Réel »

SAP : calcul « Standard » Avec Pertes de rendement



Concernant le désherbage mécanique et l'enherbement, pour les valeurs standards, on observe un large écart entre celles qui prennent en compte la perte de rendement (entre 1815 et 2133  $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ ) et celles qui ne la prennent pas en compte (entre 248 et 633  $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ ). Les valeurs du désherbage mécanique avec perte de rendement sont proches de celles calculées par certaines références techniques : environ 3000  $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$  (Contrat de solutions 2018). De même pour celles calculées sans perte de rendement : 321  $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$  (DEPHY 2019), 500  $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$  (INRA 2017), 262  $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$  (SudExpé n.d.) et entre 350 et 400  $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$  (SudArbo 2019). Nos choix de calculs semblent donc cohérents, nous retrouvons les ordres de grandeur de la bibliographie.

En comparant les coûts du désherbage chimique (C, 196  $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$  en moyenne) et ceux du désherbage mécanique et de l'enherbement avec pertes de rendement ( $M_{\text{SAP}}$  et  $E_{\text{SAP}}$ , 1890  $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$  en moyenne), nous voyons un net avantage économique pour le désherbage chimique. En revanche, en comparant au chimique sans prendre en compte la perte de rendement, les chiffres sont proches. Ces résultats sont à prendre avec précaution mais semblent contraire à l'idée reçue du coût beaucoup plus important du désherbage mécanique par rapport au chimique.

La question de prendre en compte ou non la perte de rendement est donc importante et nos choix de calcul à ce sujet sont discutables. Dans le rapport INRA, Usages et alternatives au glyphosate dans l'agriculture française, la perte de rendement a été estimée à hauteur de 5 % jusqu'à la cinquième année du verger (INRA 2017). Nous voyons qu'il y a une gestion différente en verger adulte qu'en jeune verger, cela se retrouve d'ailleurs dans les choix de mise en place des pratiques alternatives. Seulement un des arboriculteurs a indiqué avoir perdu environ 5 % de ses arbres sur un des jeunes vergers. Certains ont perdu des jeunes plants mais de façon négligeable. Les pertes de rendement concernant une diminution de la production sont très difficiles à estimer pour plusieurs raisons : l'effet année climatique est important, dans certains vergers l'arrêt des herbicides coïncide avec la conversion en AB, certains vergers sont conduits sans herbicides depuis la plantation. En résumé, il n'y a pas de témoin sur une exploitation agricole. Cette perte de rendement est délicate à prendre en compte, nous avons choisi de l'ajouter à une somme de coûts (cela correspond en réalité plutôt à un manque à gagner potentiel).

Pour du désherbage mécanique, le coût total standard le plus élevé, correspond à l'arboriculteur M1, effectuant 13 passages d'outils par an. Le temps de travail et donc les charges liées à la main d'œuvre (202  $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ ) sont assez élevées. Les postes traction et chauffeur représentent presque la moitié du coût total (47 %) (Figure 16). De même l'arboriculteur M8, présente un coût de MO pour son désherbage mécanique élevé (184  $\text{€}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$ ), mais le coût total minimal grâce au prix initial de son matériel (environ 8000 € pour une charrue vigneronne, des disques butteurs et une débroussailleuse vs 20 000 € pour un porte outil et les quatre outils associés ou 15 000 € pour une herse rotative). Le coût total le plus bas est associé à M2 qui a du matériel estimé à 13000 € (donc pas excessivement cher) et surtout des charges de main d'œuvre faibles (Figure 16) du fait de la rapidité des passages (moins d'une heure par hectare contre 2  $\text{h}\cdot\text{ha}^{-1}$  pour d'autres outils).

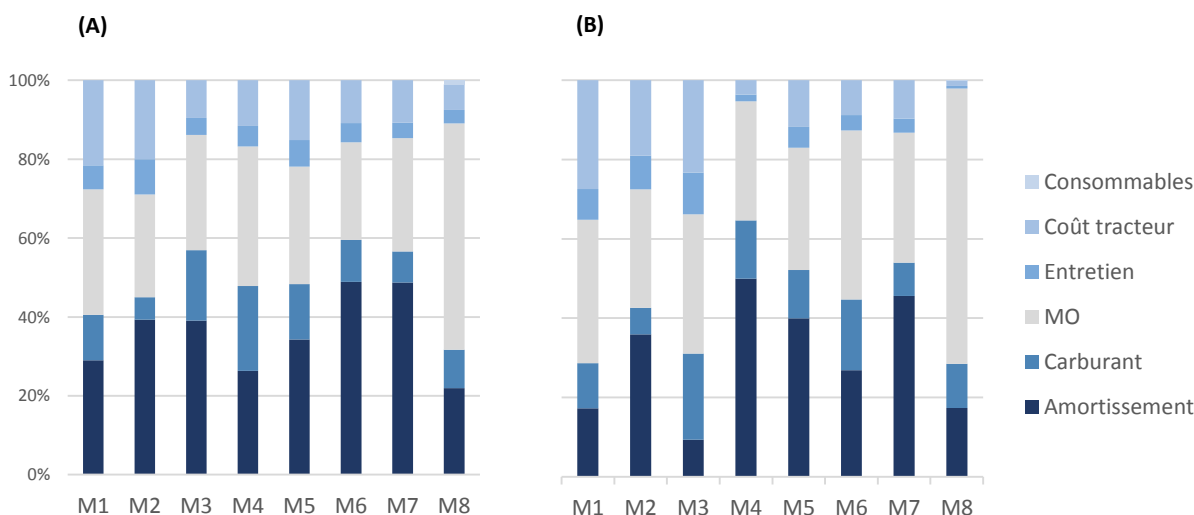


Figure 16 : Détail des coûts du désherbage mécanique avec travail du sol, (A) calcul standard, (B) calcul réel

Dans le calcul réel, les coûts du désherbage mécanique sont très variables, allant de 180 à 1644 €.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>. De nouveau, les arboriculteurs ayant les coûts totaux les plus élevés correspondent à des gestions du rang avec des temps de travail élevés (faible vitesse de passage des outils). Dans le cas le plus extrême (M8, 1644 €.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>), la main d'œuvre représente 70 % du total, dû au passage de la débroussailleuse qui est très chronophage (« mais qui reste gérable sur 2ha »). L'arboriculteur M4 a un coût total élevé du fait également du temps de passage et de l'investissement initial importants. De plus, le prix du matériel (fraise rotative avec porte outil à 9600 €) n'est pas amorti sur une grande surface (seulement 1,4 ha). A l'inverse, M2 a aussi un outil assez cher (10 000 €) mais utilisé sur 12 ha. Le coût total le plus bas (180 €.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>) correspond à M3 qui a un matériel peu cher (acheté il y a très longtemps) et utilisé sur 38 ha à raison de 4 passages par an. Au vu de ces résultats et par comparaison au désherbage chimique (Figure 15), nous voyons que ce désherbage mécanique n'est pas plus coûteux. M8 qui effectue 13 passages a un coût total d'environ 500 €.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>, cela peut sembler surprenant vu le nombre de passages élevé. En fait, la majorité des passages sont fait avec un outil à dents trainé (auto fabriqué) sans palpeur et qui peut être passé assez vite le long des troncs.

Les postes qui influencent le plus le coût total standard et réel du désherbage mécanique avec travail du sol semblent être l'investissement initial et la main d'œuvre (entre 31 et 67 % du total). Les frais d'entretien et de réparation ont très peu d'impact sur le total.

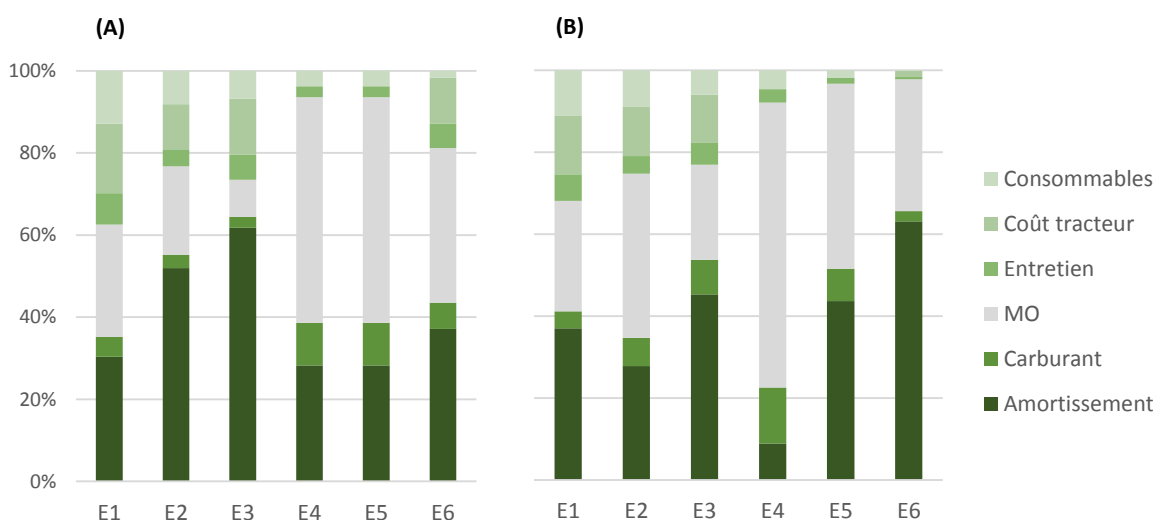


Figure 17 : Détail des coûts de l'enherbement, (A) calcul standard, (B) calcul réel

Concernant la pratique de l'enherbement, dans le calcul standard, la main d'œuvre et l'amortissement restent les postes les plus importants (Figure 17, A). Les coûts liés aux consommables, à la traction représentent une faible part du coût total. E4, E5 et E6 utilisent des débroussailleuses autour des troncs, ce qui augmente considérablement les temps de travail et augmente les charges liées à la main d'œuvre. A l'inverse, E3 est le seul à avoir un outil qui travail deux demi-rangs à la fois, nous voyons que cela réduit les charges liées à la main d'œuvre.

Les résultats du calcul réel (Figure 17, B) montrent aussi que les postes les plus importants sont la main d'œuvre et l'investissement initial. E6 a un coût total bien plus élevé (2422 €·ha<sup>-1</sup>·an<sup>-1</sup>) à cause de l'investissement matériel (broyeur, 9600 €) amorti sur seulement 0,5 ha (surface désherbée sans herbicides). En réalité, le broyeur n'a pas été acheté seulement pour la surface gérée sans herbicide. Nous voyons ici une des limites de la méthode de calcul.

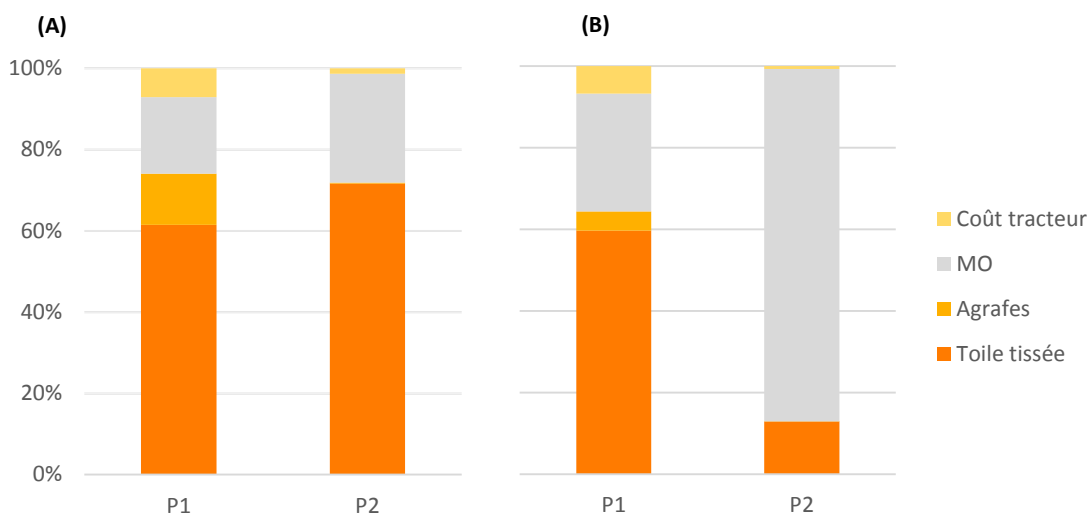
E3 a un investissement initial important mais le coût total est compensé par un temps de travail à l'hectare réduit (estimé par l'arboriculteur à 1,25 h·ha<sup>-1</sup>), contrairement à E4, E5 et E6 qui utilisent des débroussailleuses et des tondeuses autoportées (4-8 h·ha<sup>-1</sup>). Par ailleurs, E1 et E2 ont les coûts les plus faibles, proches des coûts du désherbage chimique. Leurs investissements matériels sont assez faibles (7900 € et 8600 €), ils ne font pas plus de 4 passages par an et ce sont les deux seuls à utiliser une Herbanet.

Concernant l'investissement initial, certains outils (disques, charrue, Herbanet, broyeur, débroussailleuse, tondeuse satellite) peuvent être utilisés également en vigne (épamprage, gestion du rang...) ou sur une autre partie de l'exploitation. Notre étude se situe à l'échelle de la pratique mais il aurait été possible de choisir l'échelle du système de culture ou de l'exploitation. Par ailleurs, nous n'avons pas pris en compte les subventions à l'achat du matériel car les taux de subvention sont variables et dépendent des régions administratives, des appels à projet et des montants des investissements (Cap Bio n.d.; Rhône-Alpes n.d.).

Nous avons choisi une durée d'amortissement de sept ans mais en réalité, pour beaucoup d'agriculteurs, le matériel dure plus longtemps (entretien régulier, plaquettes carbures...). Les calculs surestiment ainsi le poids de l'investissement initial dans le coût total.

Plusieurs arboriculteurs enquêtés ont fait remarquer la nette augmentation de leur utilisation de gasoil depuis la mise en place de leur pratique. En effet, un nombre plus élevé de passages ou du matériel qui consomme beaucoup peut résulter en une augmentation de la consommation de gasoil. Une question à laquelle notre étude ne permet pas de répondre et qui est intéressante est celle des émissions de gaz à effet de serre. Des essais sur différentes variétés de pommiers à l'INRA de Gothenon en systèmes AB, bas-intrants et raisonné et une Analyse de Cycle de Vie (ACV) montrent que la mécanisation accrue dans les systèmes bas-intrants et AB ne s'accompagne pas d'émissions de gaz à effet de serre plus élevées (Alaphilippe et al. 2013). La gestion du rang est effectuée par 4 passages de disques en position de débattage et 3 passages en position de buttage (Ommas). Les opérations de gestion des adventices ont été combinées à l'enfouissement des feuilles (prophylaxie tavelure) et l'enfouissement d'amendements. Le nombre de passages important a été compensé par la réduction de l'utilisation d'herbicides. Nous pouvons nous demander si cette compensation a aussi eu lieu chez les arboriculteurs rencontrés.

Pour ceux qui ont choisi de pailler leur rang, en supposant que la toile a une durée de vie de 7 ans, le calcul standard montre que l'achat de la toile est ce qui contribue le plus (plus de 60 %) au coût total, suivi de la main d'œuvre (Figure 18, A).

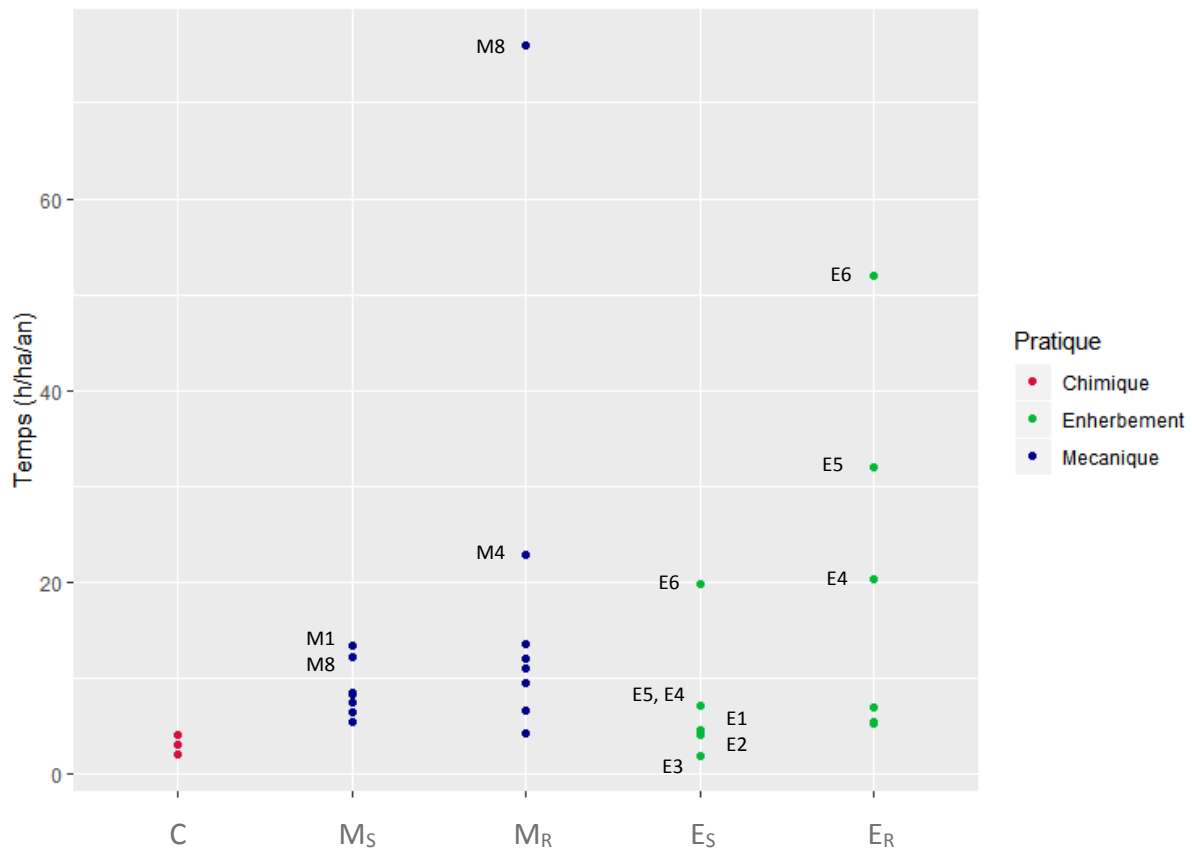


**Figure 18 : Détail des coûts du paillage plastique, (A) calcul standard, (B) calcul réel**

Dans le calcul du cas réel (Figure 18, B), nous remarquons une très nette différence par rapport à la toile plastique, les deux arboriculteurs utilisent environ le même nombre de rouleaux à l'hectare (une vingtaine) mais ne paient pas le même prix. Les deux arboriculteurs utilisent un seul laid mais ne fixent pas la toile au sol de la même façon. P2 passe avec une petite charrue pour enterrer les bords de la toile alors que P1 utilise des agrafes tous les 1,50 m. La fixation de la toile avec des agrafes (P1) semble être moins exigeante en main d'œuvre que l'utilisation d'une charrue pour enterrer les bords. Si P2 avait des charges de main d'œuvre égales à celles de P1, le total par hectare et par an pourrait être très faible (environ  $360 \text{ €} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ ).

Finalement, avec nos hypothèses de calcul, la toile tissée, est une alternative plus coûteuse que l'enherbement total, le travail du sol et le désherbage chimique.

ii) Temps de travail



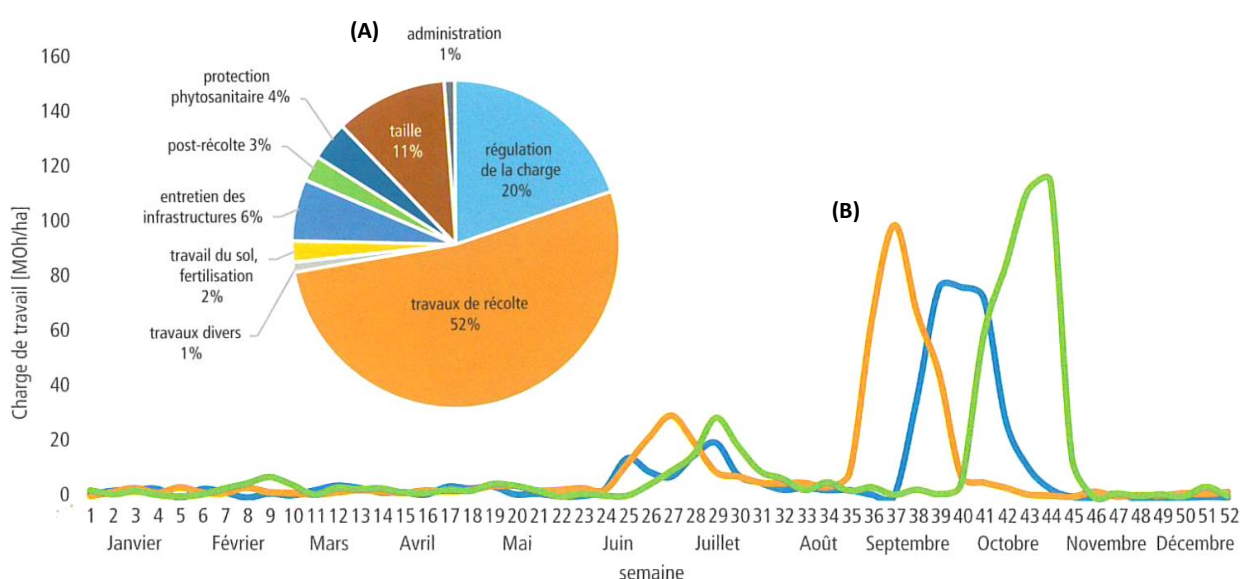
Un autre indicateur calculé est le temps de travail. La pulvérisation d'herbicide requiert à titre indicatif entre 2 et 4 h.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>. Dans le calcul standard pour les arboriculteurs pratiquant le désherbage mécanique, M1 et M8 ont les temps les plus élevés. Cela s'explique par le fait que M1 effectue un nombre élevé de passages et M8 utilise une débroussailleuse. Quand nous regardons la répartition avec les chiffres réels, c'est toujours M8 qui consacre le plus de temps au chantier de désherbage à cause de l'utilisation de la débroussailleuse. M4 a aussi un temps de travail supérieur à 20 h.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> du fait d'une performance de chantier plutôt basse (plus de 4 h.ha<sup>-1</sup>). Au niveau des arboriculteurs qui pratiquent l'enherbement, on retrouve E6 puis E5 et E4 qui utilisent aussi une débroussailleuse pour les finitions sur le rang. Nous remarquons que E3 est au même niveau que le chimique, cela vient de l'utilisation de l'outil à brosse (Naturagriff) deux demis rangs à la fois. E1 et E2, qui utilisent l'Herbanet et font quatre passages par an ont des temps de l'ordre de 4,4 h.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>.

En complément des temps directs de travaux s'ajoutent les temps de déplacement d'une parcelle à l'autre si le parcellaire est morcelé. Quand les rangées sont courtes, le temps de manœuvre est plus important. Des parcelles en pentes sont aussi moins faciles à mécaniser et peuvent ralentir le passage des outils. Enfin, trois autres facteurs qui dictent la vitesse d'avancement sont la distance entre les troncs (pour les outils avec palpeur), l'expérience du tractoriste et bien sûr le salissement de la parcelle.

Nous pouvons considérer qu'une fois l'année d'installation passée, le temps de gestion du rang pour les vergers installés en paillage plastique est nul. Pour information, les deux arboriculteurs rencontrés ont indiqué avoir mis 400 h.ha<sup>-1</sup> (40 h à 10 personnes) et 103 h.ha<sup>-1</sup>. Cela représente donc un chantier d'installation très important en année 1 mais qui permet, pendant la durée de vie de la toile, un gain de temps non négligeable. C'est une des raisons qui a poussé les deux arboriculteurs à choisir cette voie, surtout pour celui qui commercialise ses fruits principalement en circuits courts et qui passe beaucoup de temps à préparer les commandes, effectuer les livraisons ou faire les marchés.

De plus, la gestion du rang se fait en parallèle des nombreux autres travaux et des pics de travail. Un investissement en temps de travail et financier permet donc une certaine tranquillité les années suivantes. La question de la durée de vie de ces toiles n'est pas résolue. Si celles-ci n'ont pas été trop abîmées par les passages de broyeur ou les pieds de brouettes, un des arboriculteurs espère pouvoir les garder 13 ans, c'est-à-dire aussi longtemps que ses vergers. L'autre pense qu'après 7 ans, il faudra sûrement les retirer. L'utilisation de balayeuses peut aussi éventuellement permettre de prolonger leur durée de vie mais cela nécessite des investissements supplémentaires. Il y a peu de données sur la longévité de ces toiles en arboriculture. Enfin se pose la question du chantier pour enlever ces toiles (autant que pour l'installation d'après un des arboriculteurs) et de la fin de vie des plastiques souillés difficiles à recycler (Collecte et recyclage des films agricoles n.d.).

Dans la grande majorité des cas, le temps consacré à la gestion du rang est une fraction minime par rapport à la charge totale de travail : les exploitations consacrent annuellement 574 h.ha<sup>-1</sup> en moyenne en pommes, 505 en poires, 964 en cerises, 549 en pruneaux avec bien sûr des pics de travail variables en fonction des variétés (Dietiker, Hanhart, and Bravin 2018) (Figure 19).



**Figure 19 : (A) Répartition en % des différents travaux lors de la production de pommes, (B) Charge de travail moyenne par hectare et par variété de pommes de table (Vert : Braeburn, Orange : Gala, Bleu : Golden Delicious (Dietiker, Hanhart, and Bravin 2018)**

Nous avons aussi considéré que tous les travaux étaient réalisés par une main d'œuvre salariée payée 15€.h<sup>-1</sup>. Plusieurs des arboriculteurs rencontrés étaient aidés par un membre de leur famille (actifs familiaux non exploitants, typiquement un parent retraité anciennement agriculteur) qui peut faire certains travaux de tractoriste. Les outils sont assez difficiles à manier et il faut une certaine expérience pour les utiliser. C'est donc toujours soit le chef d'exploitation (ou un des co-exploitants) soit un salarié ou un actif familial expérimenté qui gère la gestion du rang. Certains arboriculteurs nous ont fait part de leur difficulté à recruter une main d'œuvre qualifiée pour ces travaux, c'est-à-dire un employé avec un minimum d'expérience qui accepte d'avoir des horaires décalés en fonction de la météo et avec des périodes de pointes de travail.

Les calculs ne tiennent pas en compte les charges exceptionnelles de mise en place, c'est-à-dire les charges d'adaptation du verger à la pratique alternative et donc principalement le temps de travail pour surélever l'irrigation. Les coûts et le temps de travail sont très variables suivant la situation initiale considérée. Quatre des arboriculteurs rencontrés ont consacré du temps (jusqu'à trois mois après le pic de travail de la récolte) pour adapter l'irrigation (installation d'échelas, remonter les tuyaux dans

les charpentières, adapter les asperseurs et les longueurs de tuyaux...). Pour d'autres, quand l'irrigation est suspendue ou enterrée dès la plantation, il y a un surcoût lié au matériel et au temps de travail par rapport à un système d'irrigation plus basique (par exemple un tuyau de goutte à goutte déroulé au sol).

Pour finir, notre méthode de recueil de donnée comporte des biais. Des estimations ou des erreurs sont aussi possibles et certains chiffres demandés aux arboriculteurs ne sont pas toujours connus. Par ailleurs, nos résultats ne portent que sur un échantillon de 15 arboriculteurs.

## Conclusion et perspectives

Pour répondre à la question centrale de la réalité des pratiques alternatives aux herbicides, nous pouvons tout d'abord remarquer que les arboriculteurs choisissent d'arrêter les herbicides pour différentes raisons. Souvent il s'agit d'anticiper un scénario sans glyphosate devenu très probable dans un futur proche. La conversion à l'AB est un autre déterminant récurrent. L'enquête en ligne et les entretiens illustrent le fait que des agriculteurs en AB mais aussi en conventionnel se passent d'herbicides volontairement ou contraints par les circonstances. Ils voient l'adoption de ces pratiques comme un atout pour leur exploitation compte tenu de la conjoncture actuelle, et de la diminution conséquente des risques environnementaux.

Les raisons qui font pencher un arboriculteur vers l'une ou l'autre des pratiques sont multiples. Se passer d'herbicides est plus facile quand les possibilités ont été pensées en amont de la plantation. La compatibilité de l'irrigation et les possibilités offertes par le matériel agricole sont deux éléments majeurs pour répondre à ce défi. Le choix du travail du sol s'effectue en prenant en compte le type de sol et la présence de cailloux. Le paillage plastique est avant tout choisi pour son efficacité et pour réduire le temps de travail. Plusieurs arboriculteurs ont testé différents outils avant d'investir. Certains sont ouverts à plusieurs pratiques et un facteur de choix de premier ordre est le matériel agricole.

Les enquêtes auprès des arboriculteurs nous ont aussi permis d'appréhender la diversité des mises en œuvre de trois pratiques alternatives : le désherbage mécanique, l'enherbement total et le paillage plastique. Nous avons observé une grande variabilité par rapport au nombre de passages par an, à l'âge des vergers, mais aussi une diversité des outils et des espèces et ce dans des exploitations ayant des modes de commercialisation, des surfaces, et des systèmes de production variés.

Ce travail a permis de donner une évaluation des coûts, cette estimation est inséparable de la méthode de calcul (et donc des biais) choisie. Pour le désherbage avec travail du sol, l'enherbement total et le paillage plastique, les coûts qui pèsent le plus sont l'investissement initial et la main d'œuvre. Quand une perte de rendement potentielle n'est pas prise en compte, certains calculs liés à des itinéraires techniques de désherbage mécanique et d'enherbement total présentent des coûts proches du désherbage chimique. Le paillage plastique est une alternative plus chère. De façon générale pour les trois pratiques, la variabilité entre les arboriculteurs est très importante.

Le temps consacré est un aspect primordial puisque la gestion du rang coïncide avec les périodes de pointes annuelles de travail et entre en compétition avec d'autres chantiers ou ateliers de production. Le paillage plastique présente l'avantage indéniable du gain de temps après la première année. Pour les autres pratiques, le temps dépend principalement du nombre de passages jugés nécessaires et de la vitesse de l'outil (en lien entre autre avec la densité). Par ailleurs, un développement d'outils adapté à l'arboriculture offre un choix plus large aux agriculteurs et la possibilité de combiner les modes d'action.

Nous pouvons souligner un manque de données sur les pertes de rendement : notamment sur la phase de transition entre le désherbage chimique et le travail du sol (effet sur les racines).

Il apparaît aussi intéressant d'étudier les effets des adventices ou des couverts sur la pousse des arbres, le rendement et la qualité de la récolte en verger jeune et en verger installé. En effet, la gestion des adventices du rang peut se faire avec différentes pratiques alternatives selon l'âge du verger et la capacité des arbres à faire face à la compétition.

Tous les arboriculteurs rencontrés ont l'intention de continuer la mise en œuvre de leur pratique alternative. Certains ont abandonné les herbicides sur les vergers les plus adaptés ou les nouvelles plantations, mais se posent maintenant la question des vieux vergers, plus difficiles à adapter. Une interdiction des herbicides avant que ces vergers soient renouvelés pourrait entraîner des situations d'impasses (investissements très importants nécessaires, vergers arrachés ou abandonnés). Les alternatives aux herbicides doivent permettre de maintenir l'équilibre économique des exploitations tout en améliorant leurs performances sur le plan environnemental.

Un document compilant les principaux résultats économique et à l'intention des 15 arboriculteurs enquêtés a été rédigé (Annexe 7 : Compte rendu des enquêtes destiné aux agriculteurs).

Un groupe de travail national d'expérimentation désherbage fruit et légumes a été créée par le CTIFL. Les objectifs sont d'accompagner les producteurs dans la transition vers le zéro glyphosate (techniquement et financièrement) et d'accélérer l'expérimentation pour être en mesure de définir des stratégies par filières. Une étude sur l'évaluation des effets de l'interdiction du glyphosate a été commandée par le Premier ministre à l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) et à l'INRA.

Les attentes des arboriculteurs sont importantes au vu du cadre réglementaire et de la transition qui leur est demandée. Ce mémoire appelle à approfondir la question des coûts réels ou de la marge brute des pratiques et à réfléchir aux moyens de minimiser l'impact négatif de la diminution du recours aux herbicides. Pour consolider les résultats chiffrés qui ont été avancés, les perspectives sont multiples. Il serait possible de faire d'autres enquêtes auprès d'arboriculteurs et aussi d'experts en se focalisant sur une seule des pratiques. Une autre piste serait de travailler avec un groupe d'agriculteurs ayant adopté une pratique et de suivre leurs évolutions dans le temps.

Le défi de la réduction des intrants phytosanitaires offre des pistes de réflexion pour la production de références innovantes. Par exemple, l'implantation de couverts plurispécifiques qui permettraient d'apporter de l'azote et maîtriser les adventices sont en cours de développement (Projet PLACOH n.d.), cette pratique nécessite bien sûr d'adapter l'itinéraire technique. D'autres alternatives en rupture avec les pratiques majoritaires plus proches de l'agroforesterie proposent de reconcevoir l'espace du rang (souvent irrigué et fertilisé). Le rang ne serait plus vu comme un espace qui doit être nu, mais comme une surface de production potentielle pour du fourrage ou du maraichage.



## Bibliographie

- Abouziena, H. F., O. M. Hafez, I. M. El-Metwally, S. D. Sharma, and M. Singh  
2008 Comparison of Weed Suppression and Mandarin Fruit Yield and Quality Obtained with Organic Mulches, Synthetic Mulches, Cultivation, and Glyphosate. *HortScience* 43(3): 795–799.
- Agreste  
2007a Agreste - Enquête Structure 2007 et Recensement Agricole 2000.  
<http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/structure2007T1.pdf>.  
2007b Agreste Chiffres et Données Agriculture N° 198.  
<http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/File/res.nationaux198.pdf>.  
2007c Enquête Sur La Structure Des Vergers En 2007 Résultats Nationaux.  
<http://agreste.agriculture.gouv.fr/publications/chiffres-et-donnees/article/enquete-sur-la-structure-des-4236>.  
2013 Exploitations Fruitières Agreste Les Dossiers, June.  
[http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/dossier16\\_chapitre2.pdf](http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/dossier16_chapitre2.pdf).  
2018 Agreste Les Dossiers Apports de Produits Phytopharmaceutiques En Arboriculture : Nombre de Traitements et Indicateur de Fréquence de Traitements Campagnes Agricoles 2015 et 2012. Agreste Les Dossiers, August.
- Alaphilippe, Aude, Sylvaine Simon, Laurent Brun, Frank Hayer, and Gérard Gaillard  
2013 Life Cycle Analysis Reveals Higher Agroecological Benefits of Organic and Low-Input Apple Production. *Agronomy for Sustainable Development* 33(3): 581–592.
- Alter Agri  
2012 Alternatives au travail du sol sur le rang et gestion du sol en arboriculture, Dossier gestion du sol en AB. Alter Agri, November: 19–21.
- ANSES  
N.d. E-Phy Catalogue Des Produits Phytopharmaceutiques et de Leurs Usages, Des Matières Fertilisantes et Des Supports de Culture Homologués En France. <https://ephy.anses.fr>, accessed June 27, 2019.
- Arbo Bio  
2007 Couverture Du Sol Sur Le Rang Dans Un Verger de Pommiers Adulte, Dossier GRAB. Arbo Bio, May.  
[https://abiodoc.docressources.fr/doc\\_num.php?explnum\\_id=434](https://abiodoc.docressources.fr/doc_num.php?explnum_id=434).
- Association Française de Protection des Plantes  
N.d. Mode d'action Des Herbicides.  
<http://www.afpp.net/apps/accesbase/bindocload.asp?id=5916&identobj=Osav8DFg>, accessed June 17, 2019.
- Aubry, Christine, and Yuna Chiffolleau  
2009 Le développement des circuits courts et l'agriculture péri-urbaine : histoire, évolution en cours et questions actuelles. *Innovations Agronomiques*(5): 53–67.
- Baumgartner, Kendra, Kerri L. Steenwerth, and Lissa Veilleux  
2007 Effects of Organic and Conventional Practices on Weed Control in a Perennial Cropping System. *Weed Science* 55(4). JSTOR: 352–358.
- Brenner, Johanna, Jutta Kienzle, and C.P.W. Zebitz  
2016 Bandes Florales Pour Favoriser Les Antagonistes Des Puceron En Verger de Pommiers Guide Pratique à Partir de Retours d'expérience. GRAB.  
[http://www.grab.fr/wp-content/uploads/2017/10/GRAB\\_2016\\_bandes\\_fleuries\\_web.pdf](http://www.grab.fr/wp-content/uploads/2017/10/GRAB_2016_bandes_fleuries_web.pdf).
- Cap Bio  
N.d. <http://www.capbio-bretagne.com/synagri/soutien-aux-investissements-en-materiels-agro-environnementaux-du-pcaea>, accessed July 24, 2019.
- Cellule d'animation Nationale DEPHY Ecophyto  
2018 Le Glyphosate Dans Le Réseau DEPHY FERME : État Des Lieux Des Usages, Des Freins et Des Alternatives. Cellule d'animation nationale DEPHY.  
[http://ressources-glyphosate.ecophytopic.fr/sites/default/files/actualites\\_doc/Brochure%20Glyphosate%20DEPHY\\_vf\\_num\\_arbo-compressed.pdf](http://ressources-glyphosate.ecophytopic.fr/sites/default/files/actualites_doc/Brochure%20Glyphosate%20DEPHY_vf_num_arbo-compressed.pdf), accessed April 10, 2019.
- Chambre d'Agriculture de l'Hérault  
N.d. Choisir Son Outil Intercep, l'entretien Du Rang En Viticulture et Arboriculture Brochure Technique.  
<http://www.occitanie.cuma.fr/sites/default/files/205/choisir-son-outil-intercep/plaquette-choisir-son-outil-intercep.pdf>, accessed April 9, 2019.
- Chambre d'Agriculture de Tarn-et-Garonne  
2019 Guide Fertilisation Raisonnée En Arboriculture Fruitière. [https://agri82.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/National/FAL\\_commun/publications/Occitanie/Productions\\_techniques/guide-fertilisation-raisonnee-arbo-ca82-2019\\_01.pdf](https://agri82.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Occitanie/Productions_techniques/guide-fertilisation-raisonnee-arbo-ca82-2019_01.pdf), accessed June 7, 2019.
- Chambre d'Agriculture Tarn-et-Garonne, and CERFrance  
2013 Chiffres Repères En Arboriculture Fruitière.
- Charrue Décavillonneuse | EcophytoPIC  
N.d. <http://www.ecophytopic.fr/tr/mat%C3%A9riel-et-%C3%A9quipements/mat%C3%A9riel-de-%C3%A9sherbage-alternatif/charrue-%C3%A9cavillonneuse>, accessed June 19, 2019.
- Chenu, Claire, Katja Klumpp, A. Bispo, et al.  
2014 Stocker Du Carbone Dans Les Sols Agricoles :

- Évaluation de Leviers d'action Pour La France.  
Innovations Agronomiques 37: 23–37.
- Chicouene, D.  
2007 Mechanical Destruction of Weeds. A Review.  
Agronomy for Sustainable Development 27(1): 19–27.
- CIVAM Agrobio 47  
2011 Guide Technique Sur Le Matériel d'entretien  
Du Sol En Arboriculture Bio.
- Collecte et recyclage des films agricoles  
N.d. Les produits plastiques en agriculture.  
<http://www.plastiques-agricoles.com/environnement/recyclage/>, accessed July 29, 2019.
- Commissariat général au développement durable  
2018 Environnement & Agriculture Les Chiffres Clés.  
Commissariat général au développement durable.
- Contrat de solutions  
2018 Gérer Le Développement Des Adventices sans  
Glyphosate En Arboriculture.  
[https://www.cheragri.fr/bibliotheque\\_pdf/PDF\\_test/20181204\\_FicheContratsolutions21.pdf](https://www.cheragri.fr/bibliotheque_pdf/PDF_test/20181204_FicheContratsolutions21.pdf).
- Crémer, Knoden, Luxen, and Stilmant  
2008 Livret\_Agriculture\_n17\_RCO.Pdf. Ministère de  
la Région wallonne Direction générale de l'Agriculture.  
[http://www.fourragesmieux.be/Documents\\_telechargeables/Livret\\_Agriculture\\_n17\\_RCO.pdf](http://www.fourragesmieux.be/Documents_telechargeables/Livret_Agriculture_n17_RCO.pdf), accessed June 21,  
2019.
- CTIFL  
2019 Groupe de Travail National d'expérimentation  
Désherbage Fruits et Légumes. Paper presented at the  
Groupe de travail national d'expérimentation  
désherbage fruits et légumes, Paris, June 20.
- CUMA Occitanie  
2018 Désherbage Mécanique de La Vigne Choisir Ses  
Outils Intercepts. [https://po.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/Occitanie/073\\_Inst-Pyrenees-Orientales/FICHIERS/PRODUCTIONS\\_TECHNIQUES/VITICULTURE/Dossier\\_viticulture\\_choisir\\_ses\\_outils\\_intercepts\\_2019.pdf](https://po.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/073_Inst-Pyrenees-Orientales/FICHIERS/PRODUCTIONS_TECHNIQUES/VITICULTURE/Dossier_viticulture_choisir_ses_outils_intercepts_2019.pdf).
- Delpuech, Xavier, and Aurélie Metay  
2018 Adapting Cover Crop Soil Coverage to Soil  
Depth to Limit Competition for Water in a  
Mediterranean Vineyard. *European Journal of Agronomy*  
97: 60–69.
- DEPHY  
2019 La Réduction Des Phytos En Arboriculture :  
Résultats, Témoignages et Perspectives (Colloque  
National DEPHY Arboriculture) January.
- DGCCRF  
2019 Produits alimentaires commercialisés en  
circuits courts. Le portail des ministères économiques et  
financiers.  
<https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/Publications/Vie-pratique/Fiches-pratiques/produits-alimentaires-commercialises-en-circuits-courts-0>, accessed July 19,  
2019.
- Dietiker, Dominique, Johannes Hanhart, and Esther  
Bravin  
2018 Les Travaux En Arboriculture. *Revue Suisse de  
Viticulture Arboriculture Horticulture* 50(4): 224–228.
- DIRECCTE Auvergne-Rhône-Alpes  
2016 Barème de Salaire, Exploitations Agricoles de  
La Drôme. Direction régionale des entreprises, de la  
concurrence, de la consommation, du travail et de  
l'emploi (DIRECCTE) - Auvergne-Rhône-Alpes.  
[http://auvergne-rhone-alpes.direccte.gouv.fr/sites/auvergne-rhone-alpes.direccte.gouv.fr/IMG/pdf/bareme\\_cc\\_drome\\_cadres\\_ra\\_01-02-15\\_mis\\_a\\_jour\\_smic\\_au\\_01-01-2016.pdf](http://auvergne-rhone-alpes.direccte.gouv.fr/sites/auvergne-rhone-alpes.direccte.gouv.fr/IMG/pdf/bareme_cc_drome_cadres_ra_01-02-15_mis_a_jour_smic_au_01-01-2016.pdf).
- Ferrero, A., B. Usowicz, and J. Lipiec  
2005 Effects of Tractor Traffic on Spatial Variability  
of Soil Strength and Water Content in Grass Covered and  
Cultivated Sloping Vineyard. *Soil and Tillage Research*  
84(2): 127–138.
- FiBL  
2009 Utiliser La Méthode Sandwich Pour Gérer Les  
Adventices En Verger. FiBL.  
[http://geco.ecophytopic.fr/documents/20182/21720/pdf\\_Utiliser\\_la\\_methode\\_sandwich\\_pour\\_gerer\\_les\\_adventices\\_en\\_verger\\_1.pdf](http://geco.ecophytopic.fr/documents/20182/21720/pdf_Utiliser_la_methode_sandwich_pour_gerer_les_adventices_en_verger_1.pdf), accessed April 9, 2019.
- Findeling, Antoine  
2001 Etude et modélisation de certains effets du  
semis direct avec paillis de résidus sur les bilans  
hydrique, thermique et azoté d'une culture de maïs  
pluvial au Mexique. *AgroParisTech*.  
<https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-00005695>,  
accessed July 4, 2019.
- FN CUMA  
2018 Barème d'entraide. FN CUMA.  
<http://www.aura.cuma.fr/sites/default/files/baremegdest2018-2019-56pages-br.pdf>.
- FranceAgriMer  
2018a Fiche Fruits.  
<https://www.franceagrimer.fr/filiere-fruit-et-legumes/La-filiere-Fruits-et-legumes>.  
2018b Fiche Vin.  
<https://www.franceagrimer.fr/filiere-Vin-et-cidre/Vin/La-filiere-Vin>.
- Gary, C, R Gaudin, and A Metay  
2014 Gestion de l'entretien Du Sol et  
Fonctionnement Hydrique Du Vignoble(38): 109–116.
- Glenn, D. M., and W. V. Welker  
1996 Sod Competition in Peach Production: II.  
Establishment Beneath Mature Trees. *Journal of the*

- American Society for Horticultural Science 121(4): 670–675.
- Granatstein, David, and Kent Mullinix  
2008 Mulching Options for Northwest Organic and Conventional Orchards. *HortScience* 43(1): 45–50.
- Hammermeister, Andrew M.  
2016 Organic Weed Management in Perennial Fruits. *Elsevier Scientia Horticulturae* 208: 28–42.
- Haynes, R. J.  
1980 Influence of Soil Management Practice on the Orchard Agro-Ecosystem. *Agro-Ecosystems* 6(1): 3–32.
- Herse Classique  
N.d.  
<https://tice.agroparistech.fr/coursenligne/courses/SIAFE/EAGRONOMIE9cea/document/machinisme/outils/oa-tsol-herse.htm>, accessed June 19, 2019.
- Hoagland, L., L. Carpenter-Boggs, D. Granatstein, et al.  
2008 Orchard Floor Management Effects on Nitrogen Fertility and Soil Biological Activity in a Newly Established Organic Apple Orchard. *Biology and Fertility of Soils* 45(1): 11.
- Infos CTIFL  
2013 Les Méthodes de Lutte Alternative Contre Le Campagnol Provençal. *Infos CTIFL*, October: 32–35.
- INRA  
2017 Usages et Alternatives Au Glyphosate Dans l’agriculture Française. Rapport Inra à La Saisine Ref TR507024. INRA.
- INRA Avignon  
2017 Associer Élevage Ovin et Arboriculture - Trois Types de Pâturage En Verger October 17.  
[http://idele.fr/fileadmin/medias/Images/UMT\\_Pasto/6\\_poster\\_ovins\\_arbo\\_DUFILS.pdf](http://idele.fr/fileadmin/medias/Images/UMT_Pasto/6_poster_ovins_arbo_DUFILS.pdf), accessed June 27, 2019.
- INRA Gotheron  
N.d. INRA Gotheron - Café Agro - Brebis Dans Un Verger - 19 Mars 2019.  
<https://www6.paca.inra.fr/ueri/Page-d-accueil/Actualites/Cafe-Agro-Brebis-dans-un-verger-19-mars-2019>, accessed June 27, 2019.
- Institut de recherche et de développement en agroenvironnement  
2014 Guide de référence en production fruitière intégrée à l’intention des producteurs de pommes du Québec. <https://reseau-pommier.irda.qc.ca/?p=6949>, accessed March 26, 2019.
- Journée Méca F&L : les espoirs de la robotique  
2018 Réussir Fruits & légumes.  
<https://www.reussir.fr/fruits-legumes/les-espoirs-de-la-robotique>, accessed June 28, 2019.
- Keesstra, Saskia, Paulo Pereira, Agata Novara, et al.  
2016 Effects of Soil Management Techniques on Soil Water Erosion in Apricot Orchards. *Science of The Total Environment* 551–552: 357–366.
- Laget, E, M Guadagnini, and D Plénet  
2014 Guide Pour La Conception de Systèmes de Production Fruitière Économiques En Produits Phytopharmaceutiques. Paris: GIS Fruits et Ministère de l’agriculture.
- Le Plan Écophyto, Qu’est-Ce Que c’est ? | Alim’agri  
2019. <https://agriculture.gouv.fr/le-plan-ecophyto-quest-ce-que-cest>, accessed June 28, 2019.
- Le Verge, Sébastien, and Célia Gratraud  
2012 Productions Oléicoles En Agriculture Biologique. AFIDOL.
- Les Robots à l’assaut Des Vignes  
2016 La Vigne, September: 26–27.
- Lipecki, J., and S. Berbec  
1997 Soil Management in Perennial Crops: Orchards and Hop Gardens. *Soil and Tillage Research* 43(1). XIVth ISTRO Conference on Agroecological and Economical Aspects of Soil Tillage: 169–184.
- Måge, Finn  
1982 Black Plastic Mulching, Compared to Other Orchard Soil Management Methods - *ScienceDirect*. *Scientia Horticulturae* 16(2): 131–136.
- Maréchal, Gilles  
2008 Les circuits courts alimentaires: bien manger dans les territoires. Educagri Editions.
- Matévi Base de Données Des Matériels Viti-Vinicoles  
N.d. <https://www.matevi-france.com/>, accessed July 23, 2019.
- Merwin, Ian, John A. Ray, and Paul Curtis  
1999 Orchard Groundcover Management Systems Affect Meadow Vole Populations and Damage to Apple Trees. *HortScience: A Publication of the American Society for Horticultural Science* 34.
- Migléczy, Tamás, Orsolya Valkó, Péter Török, et al.  
2015 Establishment of Three Cover Crop Mixtures in Vineyards. *Scientia Horticulturae* 197: 117–123.
- Ministère de l’agriculture et de l’alimentation  
2018 Une Certification Environnementale Pour Les Exploitations Agricoles.  
<https://agriculture.gouv.fr/certification-environnementale-mode-emploi-pour-les-exploitations>.
- Neilsen, G. H., E. J. Hogue, T. Forge, and D. Neilsen  
2003 Surface Application of Mulches and Biosolids Affect Orchard Soil Properties after 7 Years. *Canadian Journal of Soil Science* 83(1): 131–137.
- Neilsen, G H, D T Lowery, T A Forge, and D Neilsen

- 2009 Organic Fruit Production in British Columbia. Canadian Journal of Plant Science 89(4): 677–692.
- Pâturage d’animaux En Verger  
N.d. Herbea.Org.  
<https://www.herbea.org/fr/fiches/5852/P%C3%A2turage+d'animaux+en+verger>, accessed July 4, 2019.
- Pratiquer Le Désherbage Mécanique En Verger - GECO  
N.d.  
[http://www.geco.ecophytopic.fr/geco/Concept/Pratique\\_r\\_Le\\_Desherbages\\_Mecanique\\_En\\_Verger](http://www.geco.ecophytopic.fr/geco/Concept/Pratique_r_Le_Desherbages_Mecanique_En_Verger), accessed April 9, 2019.
- Projet PLACOH  
N.d. <https://wiki.itab-lab.fr/PlacoHB/?PagePrincipale>, accessed August 9, 2019.
- Référence environnement  
2017 Référence Enherbement Spécial Enherbement de La Vigne. Référence environnement.  
[https://www.semencesdeprovence.com/\\_objects/tao\\_medias/file/refenv-mag1-enherbementweb-408.pdf?1511271820](https://www.semencesdeprovence.com/_objects/tao_medias/file/refenv-mag1-enherbementweb-408.pdf?1511271820).
- Rhône-Alpes, Région Auvergne  
N.d. Guide des aides & appels à projet.  
<https://www.auvergnerhonealpes.fr/289-guide-des-aides-appels-a-projet.htm>, accessed July 24, 2019.
- Salembier, Chloé, Julio Horacio Elverdin, and Jean-Marc Meynard  
2016 Tracking On-Farm Innovations to Unearth Alternatives to the Dominant Soybean-Based System in the Argentinean Pampa. Springer Paris 36:1.
- Shrestha, Anil, S. Kaan Kurtural, Matthew W. Fidelibus, Geoffrey Dervishian, and Srinivasa Konduru  
2013 Efficacy and Cost of Cultivators, Steam, or an Organic Herbicide for Weed Control in Organic Vineyards in the San Joaquin Valley of California. HortTechnology 23(1): 99–108.
- Solagro  
N.d. OSez l’Agro Écologie : Réintroduire le pâturage dans les cultures pérennes enherbées. [https://osez-agroecologie.org/images/imagesCK/files/syntheses/f472\\_agro-pastoralismeenarbofruitiere.pdf](https://osez-agroecologie.org/images/imagesCK/files/syntheses/f472_agro-pastoralismeenarbofruitiere.pdf), accessed June 27, 2019.
- SudArbo  
2013 Alternatives au désherbage chimique des arbres fruitiers. SudArbo, Chambre d’agriculture Occitanie. [https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/National/FAL\\_commun/publications/Occitanie/SudA13Fiche\\_1\\_Alternative\\_sDesherbage.pdf](https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Occitanie/SudA13Fiche_1_Alternative_sDesherbage.pdf).
- 2019 Gestion mécanique de l’herbe sur le rang. SudArbo, Chambre d’agriculture Occitanie. [https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user\\_upload/National/FAL\\_commun/publications/Occitanie/SudA19-Gestion-mecanique-herbe-rang-crao012019.pdf](https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/National/FAL_commun/publications/Occitanie/SudA19-Gestion-mecanique-herbe-rang-crao012019.pdf).
- SudExpé  
N.d. Les Alternatives Au Désherbage Chimique. SudExpé.  
[http://www.serfel.fr/force\\_document.php?fichier=document\\_15.pdf&fichier\\_old=Brochure\\_Alternative\\_au\\_d%C3%A9sherbage\\_chimique.pdf](http://www.serfel.fr/force_document.php?fichier=document_15.pdf&fichier_old=Brochure_Alternative_au_d%C3%A9sherbage_chimique.pdf).
- Trillot, Michel, Alain Masseron, Vincent Mathieu, et al.  
2002 Le pommier, monographie. CTIFL.
- Twoorkoski, Thomas J., and D. Michael Glenn  
2001 Yield, Shoot and Root Growth, and Physiological Responses of Mature Peach Trees to Grass Competition. HortScience 36(7): 1214–1218.
- Utiliser Des Paillages Ou Mulchs Sur Le Rang En Verger - GECO  
N.d.  
[https://geco.ecophytopic.fr/geco/Concept/Utiliser\\_Des\\_Paillages\\_Ou\\_Mulchs\\_Sur\\_Le\\_Rang\\_En\\_Verger](https://geco.ecophytopic.fr/geco/Concept/Utiliser_Des_Paillages_Ou_Mulchs_Sur_Le_Rang_En_Verger), accessed May 29, 2019.
- Utiliser La Méthode Sandwich Pour Gérer Les Adventices En Verger - GECO  
2018.  
[https://geco.ecophytopic.fr/geco/Concept/Methode\\_Sandwich](https://geco.ecophytopic.fr/geco/Concept/Methode_Sandwich), accessed May 29, 2019.
- Wang, Hong, Chenbing Wang, Xiumei Zhao, and Falin Wang  
2015 Mulching Increases Water-Use Efficiency of Peach Production on the Rainfed Semiarid Loess Plateau of China. Agricultural Water Management 154: 20–28.
- Yocum, W W  
1937 Root Development of Young Delicious Apple Trees as Affected by Soils and by Cultural Treatments: 55.
- Żelazny, Wiktor Rafał, and Maria Licznar-Małańczuk  
2018 Soil Quality and Tree Status in a Twelve-Year-Old Apple Orchard under Three Mulch-Based Floor Management Systems. Soil and Tillage Research 180: 250–258.

## Annexes

Annexe 1 : Les différents types d'herbicides

Annexe 2 : Désherbage mécanique, présentation des principaux outils

Annexe 3 : Analyse statistique des données de l'enquête en ligne à l'échelle de l'exploitation

Annexe 4 : Analyse statistique des données de l'enquête en ligne à l'échelle de la parcelle

Annexe 5 : Grille d'entretien

Annexe 6 : Détails des calculs

Annexe 7 : Compte rendu des enquêtes destiné aux agriculteurs

### Annexe 1 : Les différents types d'herbicides

La lutte chimique est possible avec différents types d'herbicides. Les herbicides de pré levée ont une action racinaire, le produit doit être présent dans la solution du sol pour être absorbé par les racines des jeunes plantes adventices et agir sur les graines en germination (Association Française de Protection des Plantes n.d.). Les herbicides de post levée sont les plus utilisés, ils se répartissent en deux catégories. On distingue les herbicides de contact et les herbicides systémiques. Les premiers provoquent une nécrose des tissus touchés alors que les seconds sont absorbés par la plante et circulent par la sève dans tous les organes. L'efficacité des herbicides est fortement influencée par l'adjuvant, la nature du sol et les conditions d'application (température, hygrométrie, vent, buses...).

L'arboriculteur ajuste sa stratégie de désherbage en fonction de l'abondance des adventices vivaces et annuelles, mais aussi de l'âge du verger et de la vigueur des portes greffes (Trillot et al. 2002). Un programme de désherbage standard comporte en général une application d'herbicide de pré levée avant le mois de mars puis deux traitements de post-levée entre mars et novembre en fonction des besoins (Trillot et al. 2002). L'élimination systématique de toute la flore est une notion dépassée compte tenu des exigences environnementales et des produits encore à disposition. Seulement 4 molécules totalisent à elles seules 97 % des interventions de post levée (Cellule d'animation Nationale DEPHY Ecophyto 2018). Les interdictions limitent le choix des substances actives et résultent en un report d'utilisation sur un nombre de plus en plus restreint de molécules. Cela peut entraîner une inversion de flore et des impasses concernant les vivaces. L'objectif de diminution de l'IFT peut être plus difficile à atteindre lorsqu'une matière active qui permettait de ne faire qu'un traitement est retirée et remplacée par une autre substance qui nécessite plusieurs de traitements pour obtenir le même résultat.

## Annexe 2 : Désherbage mécanique, présentation des principaux outils

Les porte-outils dits « intercepts » permettent de travailler avec un outil déporté sur la ligne des arbres grâce à un système de palpeur ou tâteur. Il s'agit d'une tige en acier qui dépasse de l'outil et détecte avant celui-ci le pied d'un arbre. Par un système de commande directe ou par électrodistributeur l'outil s'efface quand le palpeur touche le tronc. Il est possible de régler la sensibilité du palpeur pour s'adapter au diamètre du tronc et à l'âge des arbres. L'intercept à axe vertical permet un repli de l'outil qui pivote autour de l'axe. Ce système est très répandu, à noter qu'il reste une zone non travaillée au pied des arbres (Figure 20).

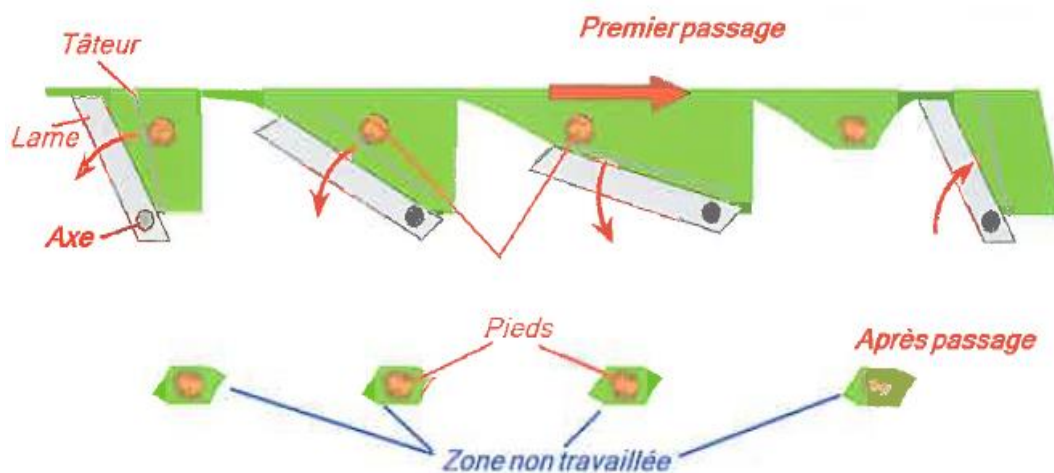


Figure 20 : Schéma d'un rang vu de haut et de la zone non travaillée avec un intercept à axe vertical (Chambre d'Agriculture de l'Hérault n.d.)

Un autre système d'effacement consiste en un parallélogramme déformable, l'outil s'efface perpendiculairement à l'avancement, sans changer d'angle d'attaque. La zone non travaillée au pied des arbres est plus petite qu'avec un intercept à axe vertical.

La vitesse de passage est comprise entre 2 et 7 km/h et dépend de la densité des arbres sur le rang, du stade des adventices et de l'appareil utilisé (Pratiquer Le Désherbage Mécanique En Verger - GECCO n.d.). Les outils avec palpeur permettent de travailler sur la ligne des troncs mais réduisent fortement la vitesse de passage (jusqu'à 4 ou 5 km/h maximum (SudArbo 2019)). Quand les arbres sont trop serrés sur le rang, l'utilisation d'un outil de ce type peut s'avérer impossible. Il reste la possibilité d'utiliser un outil qui ne soit pas un outil intercept et qui travaille donc sur une bande contre la ligne de plantation mais pas sur le rang entre les troncs.

Il existe des porte-outils à attelage avant, ventral ou arrière. L'attelage avant, plus coûteux, permet au tractoriste une meilleure visibilité et un confort de travail supérieur que l'attelage arrière.

Les dénivellations du terrain comme par exemple les ornières perturbent le travail de l'outil, il existe des équipements spéciaux de suivi de terrain pour ajuster la hauteur de travail de l'outil indépendamment des variations de hauteur au sol. Les solutions mécaniques sont, dans la très grande majorité des cas et pour des raisons évidentes, seulement compatibles avec un système d'irrigation suspendu ou enterré (Figure 21, Figure 22).



**Figure 21 : Irrigation pendulaire fixe par micro aspersion**



**Figure 22 : Irrigation enterrée (INRA Gotheron, S. Simon)**

Certains porte-outils permettent de travailler un demi rang à la fois et d'autres, deux demi rang à la fois ce qui divise par deux le temps de passage (Figure 23).



## Travail sur ½ rang



**Figure 23 : Travail du sol sur 1/2 rang à la fois (INRA Gotheron, S. Simon)**

De plus, la puissance nécessaire augmente entre un outil simplement trainé et animé par l'avancement du tracteur et un outil animé par la prise de force ou un système hydraulique (centrale hydraulique sur le porte outil ou système hydraulique du tracteur). Le nombre de passages peut varier de 4 à 8 par an, voire plus. Cela dépend de la repousse de la flore adventice mais aussi du seuil de tolérance de l'arboriculteur, sachant que le désherbage mécanique apporte des résultats moins nets que le désherbage chimique.

Un de principaux inconvénients du désherbage mécanique (avec ou sans travail du sol) est le temps de travail. La fréquence de passage est plus élevée qu'en désherbage chimique et chaque passage est plus long (vitesses faibles). Le temps de travail peut constituer un frein important surtout pour les arboriculteurs ayant de grandes surfaces et qui recherchent des solutions avec un débit de chantier (ha/h) important.

Il convient aussi d'avoir une main d'œuvre qualifiée, certains outils nécessitent de la technicité et demandent un temps de prise en main et d'adaptation.

Le coût de l'investissement initial est aussi un élément important à prendre en compte, selon les options et le type d'outil, il peut s'élever à des valeurs de l'ordre de 15 000 € (intercep vignes étroites hydraulique à lames pivotantes 2 têtes : 12900 €, (FN CUMA 2018)).

Le choix de l'outil dépend du type de sol, du profil racinaire mais aussi de la distance (km/an) parcourue par l'outil (Figure 24).



## Quel résultat de travail je veux obtenir ? A quelles périodes intervenir ?

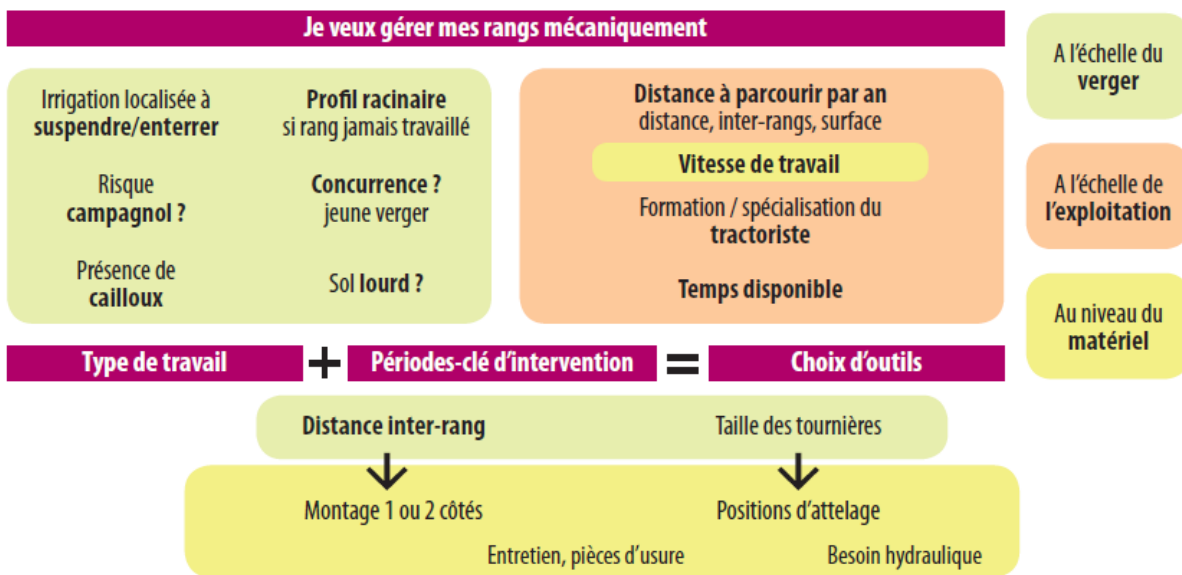


Figure 24 : Critères pour le choix d'un outil de gestion du rang (SudArbo 2019)

Outils de travail du sol :

- Parmi les outils les plus fréquemment rencontrés figurent les disques de buttage ou de débutage (selon l'angle d'attaque). L'opération de débutage est plus longue que l'opération de buttage qui s'effectue sans palpeur, la terre étant projetée contre les arbres et jusqu'au milieu du rang.
- Les disques émotteurs peuvent être crénelés ou en forme d'étoile. Ils sont d'autant plus efficaces que la vitesse de passage est élevée (entre 5 et 7 km/h). Ils ne sont pas animés donc ne nécessitent pas d'hydraulique. L'angle, l'inclinaison et la profondeur de travail sont souvent réglables.
- Il existe aussi des disques avec des doigts en caoutchouc qui peuvent être associés aux disques émotteurs. Les longs doigts en caoutchouc accèdent à la base des troncs sans les abîmer.
- De nombreux outils à dents sont aussi utilisés pour gratter le sol en surface. Les herse travaillent très superficiellement et à grande vitesse, les pointes étant animées d'un mouvement vibratoire régulier, entretenu par le mouvement de l'appareil et les irrégularités de la surface du sol (Herse Classique n.d.).
- Les lames planes bineuses profilées passent sous 2 à 3 cm de terre, l'objectif est de sarcler les adventices, sans déplacer de terre. Certaines peuvent avoir des ailettes de fragmentation ou être associées à une dent de sous solage. Ces outils sont moins efficaces sur des racines pivotantes que sur des racines fasciculées. Les résultats sont optimisés quand il n'y a pas de précipitations après le passage pour sécher les adventices qui ont été déracinées.
- Les houes rotatives à axe vertical ou horizontal et les herse rotatives effectuent un travail du sol plus profond. Le sol est décompacté et les adventices sont déracinées ou partiellement enfouies.
- La charrue décavaillonneuse est un outil viticole parfois aussi utilisé en arboriculture pour détruire un enherbement bien implanté. Le versoir permet de retourner et de déplacer la terre. Les adventices sont retournées et enfouies lors du déplacement du volume de terre, et leurs racines se retrouvent à l'air (Charrue Décavaillonneuse | EcophytoPIC n.d.).

Différents outils permettent de maîtriser l'enherbement sur le rang (outils sans travail du sol) :

- Des tondeuses à satellite ou des broyeurs intercep permettent de maîtriser l'enherbement entre les arbres, certains outils couplent même la tonte du rang et de l'inter rang ce qui réduit le nombre de passages. Pour la protection prophylactique, le broyage permet de détruire les déchets de culture (feuilles, fruits et bois) ce qui limite la pression de la tavelure et du carpocapse et favorise l'enfouissement de la matière organique.

- Il existe aussi des outils à fil (par exemple l'Herbanet) qui détruit les adventices présentes ainsi qu'une partie des drageons (les organes végétatifs aériens). Une série de fils montés sur un axe horizontal lacèrent les plantes et nettoient le pied des arbres sans travailler le sol. Le risque de blesser les arbres est moindre.

- Les brosses (fils plastiques ou métalliques) couchent ou détruisent le couvert herbacé sans déstructurer le sol. La résistance à l'avancement est plus faible ce qui facilite le déport de l'outil et nécessite moins de puissance. Les brosses sont surtout efficaces au stade plantule (quand l'herbe est plus haute elles effectuent un broyage sommaire et couchent les tiges) (CUMA Occitanie 2018).

La pente et la présence de cailloux peuvent compliquer l'utilisation de ces outils.

Pour détruire ou affaiblir des plantes assez hautes, il est possible d'utiliser un rouleau (ex : Rolofaca) qui plaque les végétaux au sol et pince les tiges afin de couper la montée de sève. Le paillis qui en résulte limite l'érosion et conserve l'humidité favorable à une bonne décomposition de la matière organique (CIVAM Agrobio 47 2011; Utiliser Des Paillages Ou Mulchs Sur Le Rang En Verger - GECO n.d.).

## Annexe 3 : Analyse statistique des données de l'enquête en ligne à l'échelle de l'exploitation

Les variables actives utilisées pour faire l'ACM sont les 5 variables qualitatives (Tableau 10) correspondant aux pratiques alternatives utilisées sur le rang : désherbage mécanique (variable « Me »), enherbement total (variable « En »), mulch (variable « Mu »), désherbage thermique (variable « Th ») et paillage plastique (variable « Pl »). Les modalités sont « oui » et « non » pour chaque pratique alternative. Un agriculteur peut utiliser plusieurs pratiques alternatives.

**Tableau 10 : Variables utilisées pour l'analyse statistique à l'échelle de l'exploitation**

	Nom de la variable	Modalités des variables qualitatives
Variables actives	<b>Me</b>	oui, non
	<b>En</b>	oui, non
	<b>Mu</b>	oui, non
	<b>Th</b>	oui, non
	<b>Pl</b>	oui, non
Variables supplémentaires	<b>Zone</b>	PR, SO, LO, NO
	<b>Sys</b>	AB, CO, MI
	<b>Irrig</b>	oui, non, les2
	<b>SurfTot</b>	/
	<b>SurfArboTot</b>	/
	<b>NbEspTot</b>	/
	<b>NbEspAlt</b>	/
	<b>NbEspAltTot</b>	/
	<b>SurfAltArbo</b>	/

Pour décrire et caractériser les composantes, nous avons aussi testé des variables supplémentaires :

- la localisation (variable qualitative « Zone »). Nous avons classé les exploitations en 4 grandes zones qui correspondent aux principales zones climatiques et/ou bassins de production : la Provence au sens large, qui inclut le pourtour méditerranéen et la vallée du Rhône (codage : PR), le Sud-Ouest (codage SO), les pays de la Loire (codage : LO) et le Nord (climat continental) (codage : NO).
- le système d'exploitation (variable qualitative « Sys »). Les exploitations sont soit 100% en AB (codage : AB), soit en système conventionnel (codage : CO), soit en système mixte, avec une partie des vergers certifiée AB et l'autre non (codage : MI).
- l'irrigation (variable qualitative « Irrig »). L'information est codée en trois modalités : oui (codage : oui) s'il y a de l'irrigation sur les parcelles où l'arboriculteur utilise une ou plusieurs pratiques alternatives ; non (codage : non) si l'agriculteur n'a pas d'irrigation sur les parcelles où il utilise une pratique alternative ; une dernière possibilité est que l'agriculteur ait une partie des parcelles où il utilise une pratique alternative avec irrigation et l'autre sans (codage : les2).
- la surface totale de l'exploitation (variable quantitative « SurfTot »)
- la surface totale dédiée à l'arboriculture (variable quantitative « SurfArboTot »)

- le nombre d'espèces fruitières cultivées sur des parcelles avec une pratique alternative (variable quantitative « NbEspAlt »)
- le nombre total d'espèces fruitières cultivées sur l'exploitation (variable quantitative « NbEspTot »)
- le rapport ces deux nombre, c'est-à-dire entre le nombre d'espèces fruitières cultivées sur des parcelles avec une pratique alternative et le nombre total d'espèces fruitières cultivées sur l'exploitation (variable quantitative « NbEspAltTot »)
- le rapport entre la surface des parcelles avec une pratique alternative et la surface arboricole totale (variable quantitative « SurfAltArbo »)

## Annexe 4 : Analyse statistique des données de l'enquête en ligne à l'échelle de la parcelle

Les variables actives sont les différentes espèces fruitières cultivées sur les parcelles avec une pratique alternative (Tableau 11). Chaque variable correspond à une espèce, les modalités possibles sont « oui » ou « non ». Les espèces sont les suivantes : abricot (variable « ABR »), cerise (variable « CER »), pêche (variable « PEC »), poire (variable « POI »), pomme (variable « POM »), prune (variable « PRU ») et une variable autre (variable « AUT ») qui regroupe toutes les autres espèces minoritaires citées dans l'enquête en ligne (coing, figue, noix, kiwi, amande).

**Tableau 11 : Variables utilisées pour l'analyse statistique à l'échelle de la parcelle**

	Nom de la variable	Modalités des variables qualitatives
Variables actives	<b>ABR</b>	oui, non
	<b>CER</b>	oui, non
	<b>PEC</b>	oui, non
	<b>POI</b>	oui, non
	<b>POM</b>	oui, non
	<b>PRU</b>	oui, non
	<b>AUT</b>	oui, non
	<b>Tex</b>	A, AL, AS, L, SAL, SL
	<b>Cail</b>	<10%, >10%
	<b>Irrig</b>	oui, non
Variables supplémentaires	<b>Prat</b>	Me, En, Mu, Th, Pl
	<b>AgeT0</b>	J, V
	<b>Adv</b>	1,2,3
	<b>Cou</b>	1,2,3
	<b>Rdt</b>	1,2,3
	<b>Ttr</b>	1,2,3
	Quantitative <b>Duree</b>	/

Les autres variables actives sont :

- la texture du sol (variable qualitative « Tex »). Les 6 modalités sont : argileux (codage : A), argilo limoneux (codage : AL), argilo sableux (codage : AS), limoneux (codage : L), argilo sablo limoneux (codage : SAL) et sablo limoneux (codage : SL).

- le pourcentage de cailloux dans le sol (variable qualitative « Cail »). Compte tenu du faible nombre de réponses indiquant des taux de cailloux dans le sol élevés, les réponses ont été regroupées en 2 modalités : <10% et >10%.

- l'irrigation (variable qualitative « Irrig »). L'information est codée en deux modalités : oui (codage : oui) s'il y a de l'irrigation sur les parcelles où l'arboriculteur utilise une ou plusieurs pratiques

alternatives ; non (codage : non) si l'agriculteur n'a pas d'irrigation sur les parcelles où il utilise une pratique alternative.

Les variables supplémentaires sont :

- la pratique alternative utilisée (variable qualitative « Prat »), avec les 5 modalités : désherbage mécanique (codage : Me), enherbement total (codage : En), mulch (codage : Mu), désherbage thermique (codage : Th) et paillage plastique (codage : Pl)

- l'âge du verger au début de la pratique (variable qualitative « AgeT0 »). Si l'arboriculteur a indiqué plusieurs âges, nous avons retenu le plus faible. Les informations sont séparées en 2 classes, les vergers inférieurs ou égaux à 5 ans (codage : J) au début de la pratique, et les vergers adultes au début de la pratique (codage : V). La valeur limite de 5 ans a été retenue car cela correspond (plus ou moins selon les espèces) à l'âge auquel on considère un verger comme adulte. Nous considérons que les racines sont formées et l'arbre est en phase croissante de production.

- la durée (variable quantitative « Duree »). Cette variable renvoie la durée d'utilisation de la pratique alternative. Nous supposons que cela rend compte du niveau d'expérience mais aussi de satisfaction de la pratique.

- les notes de satisfaction. Pour chaque pratique utilisée, l'arboriculteur pouvait indiquer son niveau de satisfaction par rapport à la maîtrise des adventices (variable qualitative « Adv »), le coût moyen (variable qualitative « Cou »), le rendement (variable qualitative « Rdt ») et le temps de travail (variable qualitative « Rdt »). Les réponses possibles proposées constituent une échelle de Likert à 3 niveaux : peu satisfait (codage : 1), moyennement satisfait (codage : 2), très satisfait (codage : 3).

## Annexe 5 : Grille d'entretien

Date
Nom de l'agriculteur
Pratique(s) alternative(s)
<b>Coordonnées</b>
N° téléphone
Adresse mail
Adresse postale

**Objectifs de l'entretien :** (i) comprendre le choix, par l'arboriculteur, de la ou des pratiques alternatives aux herbicides (ii) d'identifier leurs conditions de réussite et (iii) d'évaluer leurs performances technico-économiques.

### **1) Présentation de l'exploitation agricole**

Nom (et statut juridique) de l'exploitation

Date d'installation

Autres activités (tourisme, gîte...)

Chef d'exploitation double actif

- **Assolement campagne 2018-2019**

Surface de verger associée à chaque espèce fruitière

Autres productions végétales que l'arboriculture : vigne, GC, maraichage... surfaces

Autre atelier de production : élevage (taille du troupeau), transformation...

Surfaces en jachère, STH, bois, IAE

Types de sol majoritaires sur l'exploitation *de façon générale, sera détaillé pour les parcelles d'intérêt*

- **Foncier**

SAU, % SAU en propriété

Surface en arboriculture

Dispersion des parcelles et problèmes éventuels engendrés

- **Conditions climatiques particulières**

Pluviométrie (mm), ensoleillement, vent...

Irrigation sur l'exploitation, oui/non

- **Main d'œuvre**

Nombre d'équivalents temps plein

Personnes présentes sur l'exploitation (chef d'exploitation, co-exploitant, autres actifs familiaux, salariés, saisonniers)

Conseil ou accompagnement, suivi de l'agriculteur (CA, technicien, coopérative...)

Qualification de la main d'œuvre, chauffeur/tracteuriste compétent ?

- **Organisation du travail**

Recours à de la main d'œuvre extérieure (quand, pourquoi)

Adéquation offre/demande de MO, difficulté à trouver de la MO, de la MO qualifiée

La MO disponible peut-elle justifier la présence de certaines productions et/ou certains modes de conduite ?

Identification des pointes de travail

- **Système d'exploitation**

Label ou AB ou autre cahier des charges

% SAU en AB Label ou AB

Date de conversion

Raisons

Difficultés rencontrées

Si juste une partie en bio et l'autre en conventionnel pourquoi ? Quelle séparation juridique ?

- **Commercialisation**

Circuit de commercialisation (vente directe, coop...)

Date

Origine du lien à ce marché

Produits concernés et forme de conditionnement

Transformation

Possibilité de stockage de la récolte (frigos, unités de conditionnement...)

- **Situation économique de l'exploitation**

Proportion de l'atelier arboriculture/total, contribution

## **2) Pratiques alternatives au désherbage chimique du rang et évaluation des performances techniques et économiques**

*Données à collecter spécifiquement sur le/les vergers où l'arboriculteur a recours à une pratique alternative sur le rang, description de la gestion de l'inter rang (IR) en même temps*

Pratique alternative

Date de passage à la pratique alternative



Surface associée à la pratique

Espèces fruitières

Âge du verger au début de la pratique

- **Sol, terrain**

Type de sol sur les parcelles concernées : sable, limon, argile

% de cailloux

Pente, problèmes éventuels d'érosion

Présence de rongeurs

- **Mode de conduite**

Densité (arbres/ha ou en distance entre les arbres d'un rang et entre les rangs)

Variétés, porte greffe

Taille

Mode de plantation (butte ou plein)

Type d'irrigation (surtout suspendu ou pas), mise en place

Méthode d'éclaircissage et de récolte

Tonnage/ha visé (objectif de rendement)

Rendement moyen des dernières années (t/ha) (rendement réel)

- **Itinéraire technique pour la gestion du rang (et de l'inter rang)**

Détail des interventions pour la gestion du rang et de l'inter rang vis-à-vis de l'enherbement : nombre de passages, matériel, périodes clé d'intervention, pics de travail par rapport à l'organisation des chantiers (taille, éclaircissage, récolte...), temps en h/ha, matériel utilisé, par qui, pourquoi

- **Matériel utilisé pour la pratique alternative**

Marque, modèle

Équipement propre, copropriété, location, CUMA ou ETA

Principe d'action : buttage/débuttage, binage/sarclage ou tonte/brossage

Largeur travaillée, déport par rapport à l'axe du tracteur, profondeur de travail, puissance, poids, débit hydraulique, position d'attelage, montage, réglages, prise de force

<b>Investissement initial</b>	
<b>Surface d'utilisation</b>	
Coût par hectare	
Durée d'amortissement du matériel	
<b>Temps pour l'entretien du matériel (h/ha)</b>	
<b>Coût pièces d'usure (€/an)</b>	
Consommation (L/ha/an ou L/an ou L/ha)	
Vitesse de passage de l'outil km/h	
Nombre de passages par an	
Durée/passage	

- **Enherbement total**

Spontané ou semé

Si semé, quelles espèces et pourquoi ? densité kg/ha

Entretien, renouvellement, gestion des espèces envahissantes ou des vivaces

- **Paillage**

Type

Prix €/ha

Chantier d'installation

Durée de vie

- **Modifications de la conduite du verger depuis la mise en œuvre de la pratique et coûts supplémentaires engendrés**

Fertilisation, irrigation, protection phytosanitaire, taille

Autre charges opérationnelles par ha (€/ha)

Observation d'une perte de rendement (t/ha)

Blessures aux arbres

Problèmes rencontrés (racines, réglages...)

- **Justification des choix**

Raisons du choix de la surface associée à la pratique alternative

Raisons du choix des parcelles associées à la pratique alternative

Raisons du choix des espèces fruitières associés à la pratique alternative

Raisons du choix de cette pratique alternative plutôt qu'une autre *citer les 4 autres pratiques*

Quels objectifs lors de l'adoption de la pratique ?

- **Satisfaction**

*Rappeler les notes de l'enquête en ligne*

-maîtrise des adventices, efficacité

-temps de travail

-coût

-rendement (qualité/quantité)

Pratique que l'agriculteur va continuer à utiliser ?

Prise de risque

- **Conditions de réussite ou d'échec**

*Rappeler les remarques données lors de l'enquête en ligne*

*Essayer de récapituler d'après tout ce qui a été dit, les points les plus importants*

- **Perspectives**

Projets d'investissement de l'agriculteur

## Annexe 6 : Détails des calculs

Pour le désherbage mécanique et l'enherbement total, les explications pour chacun des termes des équations (Équation 1, Équation 2) sont explicitées ci-dessous :

- Amortissement,  $\text{€}.\text{an}^{-1}$

= prix d'achat du matériel annoncé par l'arboriculteur / (2019 – Année d'achat), ou  
= prix d'achat du matériel annoncé par l'arboriculteur / 7, si la date d'achat si l'outil a été acheté il y a plus de 7 ans ou si la date d'achat du matériel est inconnue, ou  
= prix de référence équivalent neuf, pour le calcul standard

- La valeur de 7 ans a été choisie comme durée d'amortissement car c'est une durée généralement utilisée pour l'amortissement des outils agricoles dans les exercices comptables (SudArbo 2019).

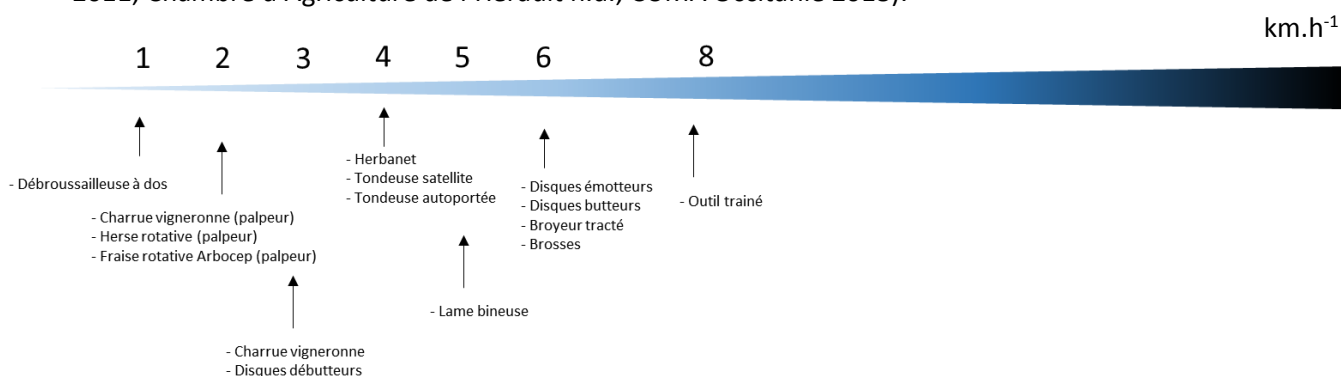
- Compte tenu du fait que les documents de référence sur le matériel agricole n'ont que très peu de matériel arboricole, nous avons appelé des concessionnaires de matériel agricole aux alentours de Valence pour avoir une estimation plus juste des prix de matériels neufs.

- Carburant,  $\text{€}.\text{an}^{-1}$

= Prix du carburant,  $\text{€}.\text{L}^{-1}$  \* Temps de travail annuel (tracteur) pour la surface concernée,  
 $\text{h}.\text{an}^{-1}$  \* Consommation de carburant,  $\text{L}.\text{h}^{-1}$

- Le prix du carburant a été estimé à partir des factures du mois de mai 2019 du centre de Gotheron, il s'élève à 0,75 €/L HT pour le GNR et 1,20 €/L HT pour l'essence. Ces valeurs sont proches de celles fréquemment utilisées (0,65 €/L de GNR HT (FN CUMA 2018)).

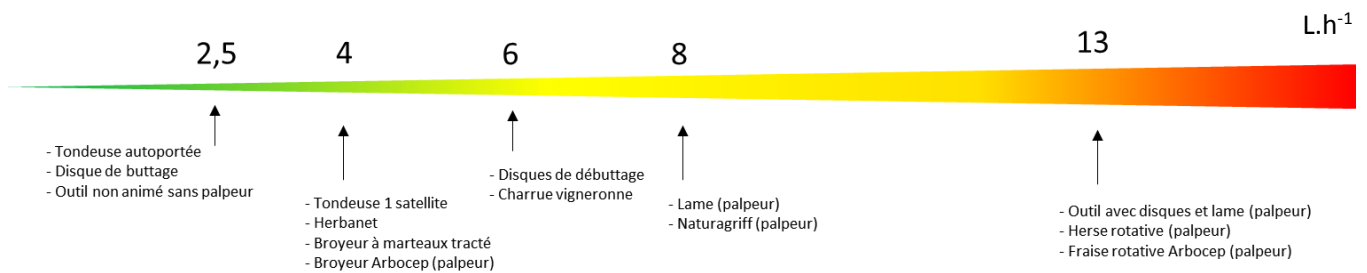
- Le temps de travail annuel est une valeur estimée par l'arboriculteur pour le calcul du cas réel, à partir du nombre de passages, du temps passé en  $\text{h}.\text{ha}^{-1}$  et de la surface concernée par la pratique. Pour le calcul « standard », nous avons estimé des vitesses de passage pour chaque outil (CIVAM Agrobio 47 2011; Chambre d'Agriculture de l'Hérault n.d.; CUMA Occitanie 2018).



En prenant une distance de 5 m entre les rangs (valeur plutôt élevée pour des pommiers mais intermédiaire entre des vergers de fruits à pépins et de fruits à noyaux), à partir du linéaire parcouru par l'outil, nous pouvons donner une estimation du temps de travail par hectare. Cette valeur est

souvent sous-estimée par rapport au temps réel car cela ne prend pas en compte les manœuvres et les virages au bout de chaque rang.

- La consommation de carburant est aussi spécifique à chaque outil, en revanche, la consommation de l'outil (en L.ha<sup>-1</sup> ou L.h<sup>-1</sup>) une valeur difficile à estimer et peu d'arboriculteurs nous l'ont donné. Nous avons donc constitué des classes de consommation à partir des chiffres donnés par les arboriculteurs, de différentes références techniques (FN CUMA 2018; Matévi Base de Données Des Matériels Viti-Vinicoles n.d.) et de dires d'experts. En règle générale, un outil trainé (non animé) consomme moins qu'un outil animé et un outil sans système d'effacement consomme moins qu'un outil avec système d'effacement.



- Nous notons S la surface cumulée annuelle telle que, pour chaque outil, S,  $ha.an^{-1}$   
= Nombre de passages par an,  $an^{-1}$  \* Surface concernée,  $ha$

- Le nombre de passages par an est une donnée fournie par l'arboriculteur, quand l'agriculteur indique une fourchette de passages, nous choisissons la valeur maximale

- la Surface concernée pour le calcul « réel », est la valeur indiquée par l'arboriculteur pour le cas « réel », cette variable est fixée à 15 ha dans le cas du calcul « standard ».

La valeur de 15 ha comme surface de référence a été choisie, d'après le service de la statistique agricole (Agreste 2013), 22 % des exploitations fruitières consacrent entre 10 et 20 ha aux cultures fruitières, c'est cet intervalle de surface qui est le plus représenté. 15 ha représentent un verger de taille médiane entre des petits vergers (moins de 5 ha) et des grandes exploitations ayant plus de 50 ha de vergers.

- Entretien,  $€.an^{-1}$   
= S,  $ha.an^{-1}$  \* Coût entretien,  $€.ha^{-1}$

- Pour prendre en compte les frais liés à l'entretien et aux réparations du matériel, nous avons utilisé les indications de coût d'entretien et de réparation des différents outils affichés dans le barème des CUMA (FN CUMA 2018) en s'efforçant de trouver le matériel le plus proche de celui décrit par l'arboriculteur. Les valeurs varient de 1,8 à 5  $€.ha^{-1}$ .

- Consommables,  $€.an^{-1}$   
= S,  $ha.an^{-1}$  \* Prix consommables,  $€.ha^{-1}$

Les consommables font références aux fils, lames et brosses nécessaires au fonctionnement de certains outils.

- Plusieurs arboriculteurs n'avaient pas d'idée précise du prix des consommables utilisés, nous avons donc consulté des références techniques et attribué des prix homogénéisés, en veillant à ce qu'ils correspondent aux prix réels donnés par certains des arboriculteurs. Ces valeurs sont celles utilisées pour le calcul « réel » et « standard ».

- MO,  $\text{€}.\text{an}^{-1}$   
= {  $\sum_{\text{outil}} (S, \text{ha}.\text{an}^{-1} * \text{Temps de travail, h}.\text{ha}^{-1})$   
+ Temps d'entretien du matériel,  $\text{h}.\text{an}^{-1}$  }  
\* Coût horaire de la main d'œuvre,  $\text{€}.\text{h}^{-1}$

- Pour le temps d'entretien du matériel, nous avons choisi la valeur arbitraire d'une journée de travail (soit 8 heures) par outil et par an.

- « Le coût horaire de la main d'œuvre salariée varie selon l'échelon, la durée de la main d'œuvre occasionnelle et les réductions de charges de 10,90 à 15,40  $\text{€}.\text{h}^{-1}$ . » (Chambre d'Agriculture Tarn-et-Garonne and CERFrance 2013). Compte tenu du fait que le passage d'outils sur le rang n'est pas réalisé par une main d'œuvre occasionnelle mais par un tractoriste expérimenté, et après consultation de diverses références techniques (FN CUMA 2018; DEPHY 2019; DIRECCTE Auvergne-Rhône-Alpes 2016), nous avons choisi comme coût horaire de main d'œuvre la valeur de 15  $\text{€}.\text{h}^{-1}$ .

- Coût traction  $\text{€}.\text{an}^{-1}$   
= S,  $\text{ha}.\text{an}^{-1} * \text{Coût hectare d'un tracteur fruitier sans carburant €}.\text{ha}^{-1}$

- Le coût horaire de la traction est de 10,5  $\text{€}.\text{ha}^{-1}$ , cette valeur provient du barème des CUMA (FN CUMA 2018). Nous avons choisi un tracteur arboricole de 90 ch (puissance suffisante pour tracter tous les outils de gestion du rang), 4 roues motrices, avec cabine et utilisé 300 h par an. Le fait de choisir 300 heures par an au lieu de 500 ou 700 suppose que l'exploitation a au moins deux tracteurs (ce qui est pratiquement toujours le cas), cela surestime aussi ce coût horaire amorti sur un nombre d'heures inférieur.

- Surface totale, ha  
= surface des vergers dans lesquels la pratique alternative est mise en œuvre, ou  
= 15 ha, pour le calcul « standard ».

Pour estimer les coûts dans le cas du paillage plastique, nous avons calculé le coût du chantier d'installation de la toile qui inclus le temps de travail, la traction et les coûts liés à la toile et aux agrafes.

Coût,  $\text{€}.\text{ha}^{-1}$

- = Temps de travail,  $\text{h}.\text{ha}^{-1} * \text{Coût horaire de la main d'œuvre, €}.\text{h}^{-1}$
- + Temps de traction,  $\text{h}.\text{ha}^{-1} * \text{Coût horaire d'un tracteur fruitier avec carburant €}.\text{h}^{-1}$
- + Nombre de rouleaux de toile \* Prix d'un rouleau

+ Nombre d'agrafes \* Prix d'une agrafe

- Pour le temps de travail dans le cadre du calcul « réel », nous avons utilisé les valeurs indiquées par les arboriculteurs. Pour le calcul « standard », nous avons choisi la valeur de 63 h.ha<sup>-1</sup> (DEPHY 2019).

- Le Temps de traction correspond pour les deux calculs au temps annoncé par l'arboriculteur.

- Le Coût horaire d'un tracteur fruitier avec carburant est tiré du barème d'entraide, là encore il s'agit d'un tracteur arboricole de 90 ch, 4 roues motrices, avec cabine et utilisé 300 h par an.

- Le prix du rouleau de toile (100 \*2,10 m, 130 g.m<sup>-2</sup>) et des agrafes est celui annoncé par les arboriculteurs dans la calcul « réel ». Pour le calcul « standard », il s'agit des prix HT communiqués par une coopérative agricole.

En admettant que la durée de vie de la toile soit de 7 ans, cela conduit à amortir les coûts du chantier d'installation sur cette durée.

Concernant les pertes de rendement, par souci de précaution, nous avons choisi arbitrairement une fourchette haute avec un pourcentage de perte de 5% applicable à tous les vergers (tout âge et espèce confondus). Pour un verger de pommiers ayant un rendement de 50 t.ha<sup>-1</sup> et un prix bord verger de 400 €.t<sup>-1</sup>, cela représente une perte de 1000 €.ha<sup>-1</sup> (Tableau 12).

**Tableau 12 : Estimation des pertes de rendement**

Espèce	Rendement, t.ha <sup>-1</sup>	Prix bord verger, €.t <sup>-1</sup>	Perte, €.ha <sup>-1</sup>
Pomme	50	400	1000
Pêche	40	900	1800
Abricot	25	1200	1500

Nous avons retenu la valeur médiane c'est-à-dire une perte de 1500 €.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>, les résultats finaux dans le cas « standard » ont été calculés avec et sans perte de rendement.

## Annexe 7 : Compte rendu des enquêtes destiné aux agriculteurs

### Arboriculture

#### Diversité de mise en œuvre et du coût des pratiques alternatives aux herbicides pour désherber le rang



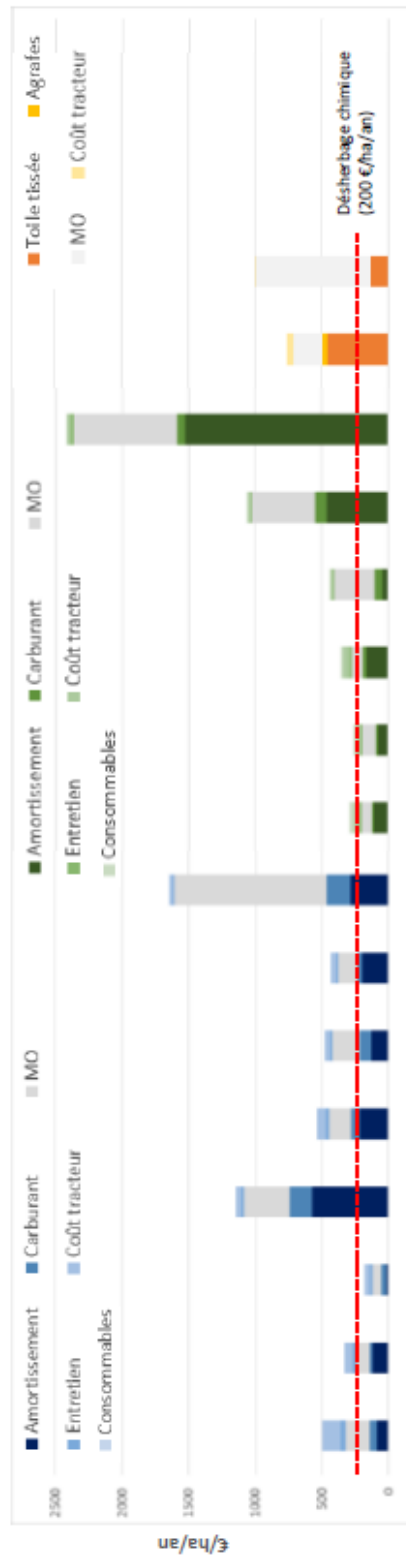
### RESULTATS D'ENQUÊTES Mai-juin 2019





## Résultats économiques

### Variabilité des coûts de désherbage mécanique avec travail du sol, de l'enherbement et du paillage plastique, suivant leur mise en œuvre par l'agriculteur



	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	E1	E2	E3	E4	E5	E6	P1	P2	
Me passage/en	13	6	4	4	6	4	4	4	4	3	4	8	8	4	4	/	/
Surface associée (ha)	15	12	38	1,4	8	10	13	2	6,5	17	16	40	4	0,5	4	10	
Outils	• charrue vigneronne • herse rotative • vibro avec disques (fait main)	• lame horizontale • disques élastés	• outillage • outillage • disques	• fraise rotative	• lame horizontale • fraise rotative	• disques • disques • lame rotative	• disques • disques • fraise rotative • broyeur	• disques • disques • charrue vigneronne • débris.	• herbanet • herbanet	• herbanet • herbanet • herbanet (demi rang)	• brosseuse autonome • débris.	• brosseuse autonome • débris.	• brosseuse autonome • débris.	• brosseuse autonome • débris.	• broyeur frontal • débris.	/	/
localisation	Drôme	Drôme	Drôme	Alpes-de-Haute-Provence	Ardèche	Alpes-de-Haute-Provence	Ardèche	Vaucluse	Drôme	Gard	Bouches-du-Rhône	Drôme	Ardèche	Drôme	Bouches-du-Rhône	Drôme	

M : désherbage mécanique avec travail du sol

E : enherbement

P : paillage plastique (toile tissée)

#### Règles de calcul

- La majorité des données sont celles communiquées par l'agriculteur (nombre de passages, investissement du matériel, temps de passage h/ha, ...)
- La surface est celle du verger géré sans herbicides
- Pas de prise en compte des subventions pour l'achat du matériel ni de la perte de rendement potentielle (car très peu mentionné par les agriculteurs enquêtés)



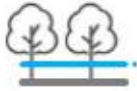




Le désherbage mécanique avec travail du sol et l'enherbement présentent une diversité de mise en œuvre, suivant le type et nombre de matériels utilisés, le nombre de passage et le temps passer à désherber. Cette diversité explique la variabilité des résultats économiques. Certains coût calculés, contrairement aux idées reçues, s'approchent du coût moyen du désherbage chimique (~200 €/ha/an).

Le paillage plastique est une alternative plus chère, mais présente l'avantage indéniable du gain de temps après la première année.

## Zoom

### Irrigation et espèces : caractéristiques techniques à considérer

IRRIGATION	 SUSPENDUE	 AU SOL	 ENTERRÉE
<b>M</b>	7	3	1
<b>E</b>	5	2	3
<b>P</b>		2	

- L'irrigation suspendue semble la utilisée par les agriculteurs et donc la plus appropriée aux pratiques alternatives.
- Le système d'irrigation au sol est à éviter mais pas incompatible, comme on peut le lire parfois. Trois arboriculteurs sur les huit qui font du désherbage mécanique avec travail du sol ont une irrigation au sol. Pour cela, ils utilisent des outils à lame horizontale, avec des tuyaux tendus, ou plus larges et plus épais.



Irrigation au sol associé à du désherbage mécanique avec du travail du sol



Kiwi gérés en enherbement total (tondeuse et débroussailluse)

ESPÈCES	<b>M</b>	<b>E</b>	<b>P</b>
Pomme, poire	6	3	
Pêche, abricot, prune	6	2	2
Cerise	5	1	
Kiwi	1	1	
Noix, châtaigne	1	2	
Figue	1	1	
Grenade	1		

- Fruits à noyaux, pépins et à coques adaptés au désherbage avec travail du sol et à l'enherbement
- Paillage plastique non approprié aux espèces appétentes pour campagnols

## Résultats de satisfaction

### Avantages et inconvénients des pratiques alternatives aux herbicides à dire d'arboriculteurs

	+	-
<b>M (8)</b>	Efficacité relative, plutôt satisfaisante (6) Permet d'incorporer l'engrais/fumier (3) Dérange les campagnols (2) Travail du sol (1) Moins dépendant du vent (1)	Plus de passages nécessaires qu'avec le désherbage chimique (2) Consommation GNR (2)
<b>E (6)</b>	Meilleure infiltration de l'eau (1) Vie du sol, pas de sol nu (1) Efficacité relative, plutôt satisfaisante (3)	Temps de passages (1) Herbanet tue beaucoup de forficules (1) Consommation GNR (1)
<b>P (2)</b>	Gain de temps après l'année 1 (2) Bonne efficacité (2) Efficience hydrique (2)	Temps pour le chantier de pose (2) Gestion des campagnols (2) Durée de vie des bâches ? (2)

### Témoignages d'arboriculteurs

- « Un passage avec mon outil de travail du sol est plus rapide qu'avec ma rampe à désherber »
- « Il faut anticiper et prévoir une irrigation suspendue à la plantation du verger »
- « Je pense que les engrais verts sont une piste à creuser »
- « La vitesse de passage et la solidité de la machine sont très importants »
- « Il faut réadapter son seuil de tolérance, c'est une habitude de désherber mais en soit ce n'est pas forcément vrai qu'il y a de la concurrence »
- « Je suis plutôt satisfait et fier de ne plus utiliser d'herbicides même si plus long et plus cher »
- « Je teste le désherbage avec 8 brebis réformées »



Toile tissée installée en mars 2019 sur abricotiers

- « 3 critères pour choisir une pratique alternative aux herbicides : l'efficacité, le coût de l'investissement initial et le coût d'utilisation (lié au temps de travail) »
- « Il ne faut pas se faire déborder et donc passer régulièrement »
- « La toile tissée c'est efficace : je ne fais rien en désherbage au moment de la taille et de l'éclaircissage mais la tranquillité coûte cher »
- « L'Herbanet dézingue les forficules dans mes poiriers, je cherche un autre outil »
- « Je fais seulement 4 passages/an, sans être vraiment satisfait mais je n'ai pas le temps de passer plus et je n'en vois pas l'intérêt vu le temps et l'énergie que cela consomme »

#### Remerciements :

Merci aux 15 arboriculteurs enquêtés pour leur collaboration.

#### Auteurs :

Aude Hardy & Annabelle Richard

#### Contact :

Annabelle Richard [annabelle.richard@inra.fr](mailto:annabelle.richard@inra.fr), INRA Gotheron, 26260 Saint-Marcel-Lès-Valence

## Résumé

Le contexte de suppression prochaine du glyphosate et les enjeux liés à la réduction de l'usage des pesticides poussent la profession arboricole à s'intéresser à des pratiques alternatives au désherbage chimique. La question des adventices se pose particulièrement pour le rang, c'est-à-dire la ligne formée par les arbres. Il existe de nombreuses alternatives aux herbicides dont le travail du sol, l'enherbement total et le paillage plastique or peu de données sont disponibles sur les déterminants et les coûts de ces alternatives.

Une enquête en ligne a été diffusée à l'automne 2018 à l'échelle nationale. Nous avons analysé les réponses de 62 arboriculteurs puis réalisé des entretiens semi-directifs chez 15 d'entre eux (Sud-Est de la France) et une évaluation technico-économique de leur pratique alternative de gestion du rang. A partir des données collectées nous avons évalué les coûts de mise en œuvre par l'agriculteur de ces pratiques alternatives et du temps de travail consacré.

Il en ressort que les pratiques alternatives sont principalement adoptées par anticipation de la réglementation ou dans une logique de conversion à l'AB. Le matériel agricole est un déterminant décisif dans le choix de la pratique. Un système d'irrigation compatible avec le passage d'outils et l'âge du verger (en lien avec les racines superficielles et la vigueur) sont aussi des éléments importants évoqués par les arboriculteurs.

Il existe une grande variabilité de mise en œuvre du désherbage mécanique et de l'enherbement total. Cela varie selon le nombre de passages par an, l'âge des vergers, mais aussi les outils et les espèces et ce dans des exploitations ayant des modes de commercialisation, des surfaces et des systèmes de production variés. Cette diversité d'implémentation se reflète dans les résultats technico-économiques qui sont hétérogènes, même si on peut noter que l'achat du matériel et la main d'œuvre sont toujours les postes les plus coûteux pour les trois pratiques alternatives étudiées. Les résultats montrent notamment que certaines mises en œuvre des pratiques alternatives présentent un coût proche de celui du désherbage chimique. Le temps de travail est variable selon les itinéraires techniques mais de façon générale supérieur au temps nécessaire pour désherber chimiquement.

Mots clefs : arboriculture, herbicide, désherbage, pratique alternative

## Abstract

With the upcoming restrictions concerning glyphosate and the development of sustainable production systems, fruit producers are expected to implement non chemical weed management options and reduce their dependency on herbicides. The area under the tree row is the most difficult to manage. Weed management practices include tillage, cover crops and plastic mulch. However, there is a lack of knowledge regarding the costs of these practices and their major determinants.

An online survey was conducted in the fall of 2018 to investigate the weeding practices in orchards in France. The answers of 62 orchard farmers were examined before conducting 15 semi-structured interviews (in the South East of France) to understand their weed management practices. The data collected was analyzed to gain insight into the costs and the workload.

Growers mainly adopt non chemical weeding strategies to comply with the fore coming regulations or when converting an orchard to organic agriculture. Farm equipment is a critical factor affecting the choice of weeding practices. Irrigation system and tree age (linked to root establishment and tree health) are also important considerations mentioned by the growers.

Within mechanical tillage and mowed grass cover, a wide range of weed control practices was studied. The implementations differ greatly concerning the number of machinery passes, the orchards' ages but also the farming tools and the fruit species. This diversity was noticed on farms with different marketing choices, overall areas and agricultural systems. The figures concerning the costs and the working times show heterogeneous results. Nevertheless, for the three alternative practices, the most expensive elements are the equipment and the labour force. In some cases, the overall costs are comparable to those of chemical weeding. Weeding times vary but are generally longer than with chemical strategies.

Key words : fruit production, herbicide, weeding, non-chemical weed management