

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا للعلوم الفلاحية-قاصدي مرباح -

- الحراش -

Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie - KASDI MERBAH

El Harrach – Alger

Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques

Sujet

Étude et analyse d'un système de pulvérisation à contrôle de débit par PWM

Soutenue le 02 Juillet 2018

Présenté par : MOHAMMEDI Zékari

Devant le jury :

Président : AMARA Mahfoud (Professeur - ENSA-El-Harrach)

Directeur de thèse : FEDDAL Mohamed Amine (MCA - ENSA-El Harrach)

Examineurs : BEHIDJ Nassima (Professeur -Université M'Hamed Bougara Boumerdès)

FAKKOUN Soumiya (MCA -Université M'Hamed Bougara Boumerdès)

Année Universitaire

2017 – 2018

Résumé

En Algérie, comme dans plusieurs pays méditerranéens, la culture basse est une activité consommatrice de pesticides (**40%** en culture maraichères et **30%** en céréaliculture). Par conséquent il est nécessaire d'étudier le devenir des produits phytosanitaires appliqués afin de réduire les quantités perdues dans l'environnement tout en maintenant un niveau acceptable d'efficacité des traitements avec des nouvelles techniques de pulvérisation.

Une étude sur le mode d'application du glyphosate a été menée dans **07** wilayas d'Algérie (Alger, Blida, Tipaza, Bouira, Boumerdès, Sétif et Tizi Ouzou.), et a montré que la céréaliculture est la plus consommatrice d'herbicide en système de semis direct. Il en ressort également que 45 % des agriculteurs traitent leurs parcelles avec le glyphosate, ce qui représente un pourcentage très important. Contre 40 % utilisant des herbicides sélectifs et de **15%** seulement recours à des moyens mécaniques de déchaumage. Le constat a fait ressortir aussi le problème du choix des doses, en effet, nos agriculteurs utilisent 6 à 10 l/ha contre une norme de 3 à 5l/ha. En revanche, les résultats de l'enquête ont confirmé l'utilisation d'autres herbicides par les agriculteurs (herbicide sélectif non total comme 2,4 D, et TRIFLAN) et d'autres techniques pour lutter contre les adventices surtout dans le mode conventionnel (labour, hersage, cover crop).

D'autres travaux ont été réalisés, notamment l'utilisation d'une rampe pneumatique conçue par nos soins en 2008, elle présente comme principaux caractéristiques une longueur de 3 m, très praticable en petites surface, sous serres, ou en verger avec le changement de la position de la rampe en verticale pour le jet projeté sur les arbres. Le débit liquide au niveau de cette rampe n'est pas totalement uniforme sur l'ensemble des buses, la convergence de la surface traitée en fonction de la hauteur de la rampe. L'utilisation optimale de cette rampe n'est possible qu'avec un débit moyen de 200 ml/mn correspondant à une hauteur d'un mètre. Nous l'avons utilisé pour réaliser une comparaison entre trois insecticides homologués en Algérie à base d'**AMITRAZE**, **ABAMECTINE** et **DIFLUBENZURON** contre le psylle du poirier sur terrain en conditions externes avec trois doses différentes. Les résultats de **DL50** ont montré que l'**AMITRAZE** est le plus efficace avec une dose de **3,5 l/ha**. Néanmoins, pour des soucis environnementaux, nous préconisons après cette étude un traitement à base d'**ABAMECTINE** avec une dose de **1l/ha**.

Enfin, une étude d'un système de contrôle de débit PWM a été réalisée, pour la pulvérisation agricole, c'est une association des électrovannes de 12V avec un système de commande et de programmation d'Arduino . L'étude a montré la possibilité de réaliser cette conception pour équiper les rampes et les buses des machines conventionnelles algérienne. Il serait possible de traiter avec des molécules précieuses comme les huiles essentielles en agriculture biologique.

Mots clés : PWM, Pulvérisation pneumatique, Buses, Rampe, Herbicide, Insecticide, psylle.

Abstract

In Algeria, as in several Mediterranean countries, low culture is a pesticide-consuming activity (40% in market gardening and 30% in cereals). Therefore, it is necessary to study the fate of applied plant protection products in order to reduce the amounts lost in the environment while maintaining an acceptable level of effectiveness of treatments with new spraying techniques.

A study on the mode of application of glyphosate was conducted in 07 wilayas of Algeria (Algiers, Blida, Tipaza, Bouira, Boumerdès, Setif and Tizi Ouzou.), and showed that the grain farming is the most consumer of herbicide in direct seeding system. It also shows that 45% of farmers treat their plots with glyphosate, which is a very significant percentage. Against 40% using selective herbicides and only 15% using mechanical means of stubble cultivation. The finding also highlighted the problem of choice of doses, in fact, our farmers use 6 to 10 l / ha against a standard of 3 to 5 l / ha. On the other hand, the results of the survey confirmed the use of other herbicides by farmers (non-total selective herbicide such as 2,4 D, and TRIFLAN) and other techniques for weed control, especially in the conventional mode. (Plowing, harrowing, cover crop).

Other works were carried out; in particular, the use of a pneumatic ramp conceived by our care in 2008, it presents as main characteristics a length of 3 m, very practicable in small surface, under greenhouses, or in the orchard with the change, the position of the ramp in vertical for the jet projected on the trees. The liquid flow at this ramp is not uniform over all the nozzles, the convergence of the treated surface as a function of the height of the ramp. The optimal use of this ramp is only possible with an average flow of 200 ml / min corresponding to a height of one meter. We used it to make a comparison between three AMITRAZE, ABAMECTINE and DIFLUBENZURON registered insecticides in Algeria against field psylla in outdoor conditions with three different doses. The results of LD50 showed that AMITRAZE is the most effective with a dose of 3.5 l / ha. However, for environmental reasons, we recommend following this study a treatment based on ABAMECTINE with a dose of 1 l / ha

Finally, a study of a PWM flow control system was carried out, for agricultural spraying; it is an association of 12V solenoid valves with an Arduino control and programming system. The study showed that it is possible to do this design to equip the ramps and nozzles of conventional machines. It would be possible to treat with valuable molecules like essential oils in organic farming.

Key words: PWM, Pneumatic spray, Nozzles, sprayer boom, Weedkillers, Insecticide, psyllids.

ملخص

في الجزائر، كما هو الحال في العديد من بلدان البحر الأبيض المتوسط، تعتبر المحاصيل المنخفضة الاكثر نشاطا حيث تستهلك كثيرا من المبيدات الفلاحية (40% من مجموع زراعة الحقائق والخضروات و30% في زراعة الحبوب). لذلك، من الضروري دراسة مصير منتجات حماية النباتات من أجل التقليل من الكميات المتراكمة في البيئة، مع الحفاظ على مستوى مقبول من فعالية المعالجات مع تقنيات الرش الجديدة.

أجريت دراسة حول طريقة تطبيق مبيد الأعشاب الغليفوسات من خلال 07 ولاية بالجزائر (الجزائر، البليدة، تيبازة، البويرة، بومرداس، سطيف وتيزي وزوو). وقد تبين أن زراعة الحبوب هي من تستهلك أكثر من غيرها من الزراعات من مبيدات الأعشاب في تقنية البذر المباشر خاصة، هذا عكس ما كان متوقعا.

أجرينا عمل آخر لإثبات فعالية المبيدات، وذلك باستخدام الرش خاصة معدلة ب 5 منحدرات رذ هوائية والتي صممناها في عام 2008، تتميز بطول ثابت 3 مترا، وصممت خصيصا للعمل في منطقة صغيرة تحت البيوت البلاستيكية أو بستان مع التعبير موضع حامل الرذاذ في عمودي لاسقاط المحلول على الأشجار. حسب المصمم الاستخدام الأمثل لهذا المنحدر لا يمكن تحقيقه إلا بمتوسط تدفق قدره 200 مل / دقيقة مقابل ارتفاع متر واحد. ثم إجراء مقارنة بين ثلاثة المبيدات المسجلة ومصرحة هي

أميتراز وأبامكتين وديفلبيانزيرون استنادا ضد الپسيللا على شجر الإيجاص في الظروف الخارجية مع ثلاث جرعات مختلفة. أظهرت نتائج 50DL أن أميتراز هي الأكثر فعالية مع جرعة 3.5 لتر / هكتار. ومع ذلك، ولأسباب بيئية، نوصي باتباع هذه الدراسة على علاج يعتمد على أبامكتين وجرعة 1لتر / هكتار.

الجزء الرابع من العمل هو دراسة وتصميم نظام التحكم في التدفق PWM، للرش الزراعي، وهو عبارة عن مجموعة من صمامات الملف اللولبي V12 مع نظام التحكم والبرمجة Arduino. وأظهرت الدراسة أنه من الممكن القيام بهذا التصميم لتجهيز المنحدرات وفوهات الآلات التقليدية. سيكون من الممكن التعامل مع الجزيئات الثمينة مثل الزيوت الأساسية في الزراعة العضوية.

الكلمات الإستدلالية : PWM,رذاذ هوائي، فوهات ، منحدر ، مبيدات الأعشاب ، مبيد حشري.

Liste des abréviations

2-4-D : herbicide à base d'acide 2,4 dichlorophénoxyacétique

ACTA : Les instituts techniques agricoles

BPA : bonne pratique agricole

BPP : bonne pratiques phytopharmaceutique

CV : cheval –vapeur

DA : dinars algérien

DE : dose d'emploi

DJA : dose journalière admissible

DL50 : dose entraînant la de 50% mortalité

DES : dose sans effet

FAO : l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

GPS : système de navigation et de positionnement par satellite

HR : humidité relative

INPV : institut national de protection des végétaux

ISO : organisation internationale de normalisation

MO : matière organique

NMD : diamètre médian volumétrique

PD : produit et dose

PNDA : plan nationale de développement agricole

PPP : produits phytopharmaceutiques

PVC : Poly chlorure de vinyle

PWM: pulse width modulation

PWFM: pulse width frequency modulation

SAU : surface Agricole utile

SFT : semis, fertilisation et traitement

SIG : système d'information géographique

SIDDRA : système d'informatique d'interprétation des données.

TSP : superphosphate triple.

VDM : volume du diamètre médian

Table des matières

Introduction générale.....	1
Chapitre 1 : Problématique de la pulvérisation des pesticides en Algérie	7
1.1 Introduction	7
1.2 Processus de transport des produits phytosanitaire sur les composante de l'environnement	7
1.2.1 Pendant le traitement	8
1.2.2 Après le traitement	8
1.3 Contexte des traitements phytosanitaires en Algérie	9
1.3.1 Place des cultures basses dans l'agriculture algérienne	9
1.3.2 Place de l'arboriculture fruitière dans l'agriculture algérienne	10
1.4 Les pesticides en Algérie.....	11
1.4.1 Présence des pesticides dans l'environnement : une situation inquiétante.....	11
1.4.2 Cadre réglementaire.....	12
1.5 Structure des exploitations agricoles	12
1.6 Les conditions Climatiques	13
1.7 Le matériel de pulvérisation.....	14
1.8 Conclusion	15
Chapitre 2 : Les facteurs influençant la qualité de pulvérisation.	18
2.1 Introduction	18
2.2 Les facteurs techniques de l'efficacité de la pulvérisation	19
2.2.1 Diagnostic phytosanitaire.....	19
2.2.2 La conduite culturale.....	20
2.3 Choix de la machine de traitement	23
2.4 Conclusion	24
Chapitre 3 : Caractérisation de la pulvérisation des pesticides	26
3.1 Introduction	26
3.2 Les cibles et le mode d'action des produits	27
3.2.1 Pulvérisation sur sol nu	27
3.2.2 Pulvérisation sur la végétation.....	27
3.3 Le processus de la formation du jet projeté	28
3.3.1 Description de la buse a fente	29
3.3.2 La formation du jet	30
3.3.3 Le jet sous la buse à turbulence.....	32
3.3.4 La formation du jet	34
3.3.5 La répartition du liquide de pulvérisation	35
3.4 La pulvérisation par jet projeté	39
3.5 La pulvérisation par jet porté.....	40
3.6 Conclusion	41
Chapitre 4 : Les techniques modernes de pulvérisation agricole.....	44
4.1 Introduction	44
4.2 Nouveautés des conceptions des buses de pulvérisation.....	44
4.2.1 Les buses injection d'air.....	44
4.2.2 Les buses a pulsation PWM	47

4.2.3 Des buses avec capteur de fluorescence PWFm.....	49
4.3 Nouveautés sur la stabilité des rampes a jet projeté	50
4.4 Conclusion	51
Introduction et objectif de l'expérimentation	54
Chapitre 5 : Analyse des résultats d'enquête sur l'utilisation des herbicides à base de glyphosate dans sept wilayas d'Algérie.....	57
5.1 Introduction	57
5.3 Présentation des zones d'études	57
5.2 Méthode d'étude	59
5.4. Résultats et interprétation.....	59
5.4.1 Analyse des données en fonction le type de culture	64
5.4.2 Analyse des données concernant le mode de conduite	65
5.5 Discussion	67
5.6 Conclusion	69
Chapitre 6 : Utilisation d'une rampe à pulvérisation pneumatique pour analyser l'efficacité de trois insecticides, avec un jet projeté sur le psylle de poirier.	71
6.1 Introduction	71
6.2 Présentation du matériel de pulvérisation utilisée.....	71
6.2.1 Pulvérisateur pneumatique à dos utilisé	71
6.2.2 La rampe utilisée	72
6.2.3 Matériels d'évaluation de taille de gouttelettes	73
6.3 Analyse de l'efficacité de la pulvérisation de trois produits d'insecticide acaricide, avec une méthode de jet projetée sur le ravageur psylle de poirier (<i>Cacopsylla pyri</i>)	76
6.4 Matériel et méthodes	77
6.4.1 Présentation de la zone d'étude	77
6.4.2 Les Facteurs climatiques.....	78
6.4.4 Traitement chimique	83
6.4.5 Dispositif des essais.....	85
6.4.6 Résultats et discussions	85
6.4.6.1 Interprétation des résultats d'analyse du sol.....	86
6.4.6.2 Recommandation de fertilisation.....	89
6.4.6.3 La relation entre les propriétés physico chimique du sol et le développement de psylle de poirier	89
6.4.6.4 L'humidité relative	90
6.4.7 Présentation et analyse des résultats de la deuxième partie.....	90
6.4.7.1 Présentation des résultats de mortalités d'insectes DL ₅₀ (psylle du poirier)	90
a. Présentation de la mortalité du psylle au bloc 1	91
b. Présentation de la mortalité du psylle au bloc 2.....	91
c. Présentation de la mortalité du psylle au bloc 3.....	92
6.4.7.2 Présentation de la moyenne mortalité du psylle pour les trois blocs d'expérimentation	93
6.4.7.3 Effet combiné de la dose avec le produit sur le taux de mortalité	94
6.4.7.4 Effet de la dose sur le taux de mortalité	95
6.4.7.5 Effet du type de produit sur le taux de mortalité	96
6.4.8 Conclusion	97
Chapitre 7 : Etude et conception d'un système de pulvérisation à contrôle de débit PWM.....	100
7.1. Introduction	100
7.2. Système de contrôle des buses à commande PWM	100
7.2.1. La partie matérielle	100
7.2.2. La partie programme	112
7.3. Conclusion.....	113

Conclusion générale et perspectives.....	115
--	-----

Listes des tableaux

Tableau 1 : Le temps de dessèchement des gouttelettes.	39
Tableau 2 : Superficie des cultures traitée avec le glyphosate.....	60
Tableau 3 : La superficie des cultures non traitées par le glyphosate.	61
Tableau 4 : Pourcentage de l'utilisation du glyphosate par wilaya.....	63
Tableau 5 : Pourcentage d'utilisation du glyphosate par culture.	65
Tableau 6 : Pourcentage de l'utilisation du glyphosate par mode de conduite.	66
Tableau 7 : Caractéristique technique du l'atomiseur à dos TA43/52.	71
Tableau 8 : débit d'air en fonction de la vitesse de rotation du moteur.....	74
Tableau 9 : Les autres variétés du verger.	77
Tableau 10 : Les composantes texturales du sol avec la matière organique.	81
Tableau 11 : Les différentes composantes du sol.	82
Tableau 12 : Essai d'application de produits.	84
Tableau 13 : Interprétation des résultats selon les normes SIDDRA d'Espagne.	87
Tableau 14 : Résultats de mortalité dl ₅₀ du psylle en fonction de trois produits d'insecticide et trois doses.....	90

Liste des figures

Figure 1 : Processus de transfert des pesticides sur les différents composantes de l'environnement.....	9
Figure 2 : La répartition des activités rurales en Algérie. (MADRP, 2018).....	10
Figure 3 : Les importations des herbicides en Algérie entre 2008 et 2018. (CNIS, 2018).....	11
Figure 4 : Climato gramme de l'Algérie en 2016. (FAO, 2016)	13
Figure 5 : Evolution du marché des pulvérisateurs selon les marques et les pays d'origine en Algérie.	15
Figure 6 : Programme de traitement et de fertilisation foliaire des agrumes en Algérie.	16
Figure 7 : Les facteurs qui influençant sur les qualités de l'application phytosanitaire.(Dirk ,2018)..	23
Figure 8 : Les facteurs techniques influent sur la qualité de la pulvérisation. (IAG, 2014).....	24
Figure 9 : La taille des gouttelettes de pulvérisation en fonction de buse. (Bayer, 2018)	24
Figure 10 : L'ensemble des facteurs influençant sur la pulvérisation agricole. (Mohammedi et al, 2018)	25
Figure 11 : Schéma de principe d'un pulvérisateur a jet projeté. (Anonyme ,2017)	29
Figure 12 : Vue en coupe d'une buse a fente. (CEMAGREF, 2007)	30
Figure 13 : Comportement physique du jet au voisinage des buses en présence d'un vent relatif, latéral et vertical. (Bahrouni ,2012)	31
Figure 14 : Flatter du jet de pulvérisation sous buse a fente.	32
Figure 15 : Impact de la rotation de l'hélice sur la forme de jet. (Anonyme, 2018).....	33
Figure 16 : Principe d'une buse a turbulence. (CEMAGREF, 2017).....	34
Figure 17 : l'heure de traitement nécessaire pour éviter un lessivage des gouttelettes. (Blondeau ,2017).....	36
Figure 18 : La trajectoire des gouttelettes selon leur taille. (M. Al Heidary et al ,2014).....	37
Figure 19 : Distance modélisée de la dérive des gouttelettes de 100 µm et de 200 µm.	38
Figure 20 : Principe de fonctionnement du jet projeté. (ABADIA, 2018).....	40

Figure 21 : Principe de fonctionnent d'un pulvérisateur à pression et à jet porté. (CEMAGREF, 1990)	41
Figure 22 : Vue en coupe d'une buse a injection d'air.(Syngenta, 2018)	45
Figure 23 : Différence d'efficacité du traitement selon le volume de bouille et le type de buse.	46
Figure 24 : Rendement du blé tendre en fonction du volume de bouille et du type de buse.	46
Figure 25 : Volume par hectare distribué par un système PWM fonctionnant en 10Hz avec duty cycle de 80%.	48
Figure 26 : Principe de fonctionnement d'une Buse PWFM. (AMAZONE, 2018)	49
Figure 27 : Schéma de pulvérisation ou la hauteur à la cible est ajustée pour obtenir un triple recouvrement en fonction de l'angle de pulvérisation.	50
Figure 28 : Les wilayas d'études.	59
Figure 29 : Représentation du taux d'utilisation du glyphosate par rapport aux autres méthodes de désherbages.	62
Figure 30 : Représentation des résultats d'utilisation du glyphosate selon les wilayas.....	64
Figure 31 : Utilisation des herbicides selon le type de culture.....	65
Figure 32 : Représentation descriptive des résultats d'enquête sur le mode de conduite des cultures.	66
Figure 33 : Rampe a pulvérisation pneumatique. (Mohammedi, 2008).....	72
Figure 34 : buse a venturi.	72
Figure 35 : Tachymètre mécanique.	73
Figure 36 : Anémomètre.	74
Figure 37 : Réticule microscopique.	74
Figure 39 : Vue aérienne de la parcelle d'étude	77
Figure 40 : Diagramme climatique de la région de Blida. (CLIMATE-DATA, 2016)	79
Figure 41 : Courbe de température région de Blida (CLIMATE-DATA, 2016)	80
Figure 42 : Diagramme Ombrothemique de la zone d'étude. (CLIMATE-DATA, 2016)	80
Figure 43 : Interprétation des propriétés chimique du sol par le système SIDDRA.	82
Figure 44 : Calendrier de traitement et les interventions sur le verger 2015/2016.....	83
Figure 45 : Diagramme de résultats De DL50 en fonction du produit et de la dose dans le bloc 1.....	91
Figure 46 : Histogramme de DI ₅₀ du Psylle en fonction du produit et la dose.	92
Figure 47 : Histogramme des résultats de mortalité d'insectes en fonction du produit et la dose.	93
Figure 48 : Histogramme de l'ensemble des moyennes mortalités de psylle pour les trois blocs d'expérimentation.	93
Figure 49 : Description carte Arduino Uno.....	102
Figure 50 : Schéma de connections.	103
Figure 51 : Brochage du TIP120 boitier TO220.....	108
Figure 52 : Schéma interne du Darlington TIP 120.....	108
Figure 53 : Solénoïde avec valve.....	109
Figure 54 : Module Bluetooth HC-06.....	110
Figure 55 : Brochage du module HC-06 a l'Arduino Uno.....	111
Figure 56 : Schéma finale de la conception de la rampe intelligente avec le système PWM.	113

AVANT –PROPOS

Je remercie ALLAH le tout puissant de m'avoir donnée la force et le courage d'aller au bout de cette thèse.

La réalisation de cette thèse n'aurait pas été possible sans l'aide que m'a apporté un grand nombre de personnes sur le plan scientifique et administratif.

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à toute ma famille, en particulier la maman, les frères et les sœurs.

*J'ai une dette immense envers tous ceux qui m'ont aidé dans mes débuts, qui m'ont formée, qui m'ont transmis leur expérience, en l'occurrence **Monsieur BOUDAHR Lyès** en électronique, et **Monsieur BELAZZOUGUI Mustapha** en pulvérisation en tout premier lieu , ils furent mes maitres de stage et accompagnèrent ma thèse.*

*Ce travail est signé à mon nom mais il est le fruit de diverses collaborations, en premier lieu j'ai beaucoup de plaisir à remercier mon directeur de thèse Docteur **FEDDAL Mohamed Amine**, Maitre de Conférence "A" à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique, qui m'a accompagné pour faire aboutir ce travail. Sa compétence, sa confiance, sa complémentarité, sa disponibilité, et ses idées ont contribué grandement à la réussite de ce travail.*

*Je suis très sensible à la présence dans ce jury de madame **BAHIDJ Nassima** Professeur à l'université M'hamed Bougara de Boumerdès et madame **FEKKOUN Soumeya** Maitre de conférence à l'université M'hamed Bougara de Boumerdès, qui ont accepté d'examiner mon travail et contribuer sans doute à son enrichissement.*

*Je tiens à remercier **l'INPV d'EL HARRACH**, pour avoir mis à notre disposition tous les moyens nécessaires pour mener à bien les essais de l'expérimentation.*

Je profite de cette thèse pour remercier ceux qui dans mon parcours professionnel et académique, m'ont conduit jusqu'ici, j'ai bénéficié des apports très enrichissants de mes enseignants de l'ENSA et du département Génie Rural de l'ENSA, que tous ici recevaient l'expression de ma profonde et sincère gratitude .

Je tiens vivement à remercier tous mes anciens collègues de l'université de Boumerdès en particulier ceux du département Agronomie, ainsi que tous mes collègues du Génie Rural de l'ENSA en particulier ceux du machinisme agricole.

*Ces travaux doivent aussi beaucoup au labeur d'étudiants en particulier **BECHE Mourad**, **NADJAH Amine**, **BRAHIM Hakim**, **SLIMANI Amina** de l'université de boumerdès . **BAZINE Djaber** et **AKRIB Toufik** de l'ENSA, qui ont bien voulu, pour un temps, partager avec moi ce parcours de recherche.*

*Merci à tous ceux qui m'ont accompagné sur le terrain, en particulier les propriétaires du verger la famille **ZARIF** de l'Arbaa , wilaya de Blida.*

Merci à tous
MOHAMMEDI Zékari

Dédicaces

Je dédie cette thèse

A la mémoire de mon père

A ma mère

A mes frères et sœurs

A mes beaux-frères et belles sœurs

A tous mes amis

A tous mes étudiants de l'université de Boumerdès et à l'ENSA

A mes collègues du GR

Zakaria

Introduction g

énérale

Introduction générale

Afin de nourrir une population toujours grandissante, les rendements agricoles n'ont dû cesser de croître et ce aux dépens de l'environnement. La « révolution verte », mettant à disposition de l'agriculture les technologies les plus avancées (machinisme agricole, engrais, pesticides, ..) pour répondre à ces exigences. L'agriculture mondiale s'est intensivement développée au point d'atteindre dans les années 80, une productivité importante pour toutes les cultures notamment les céréales, les légumineuses et les oléagineuses, (**Bayer CropScience, 2017**). La production du blé tendre a été multipliée par quatre pour atteindre les 70 Qx/ha en moyenne en Europe (**Alternatives Economiques, 2017**).

Cependant, ce développement a entraîné de nombreux effets secondaires : un usage excessif de pesticides et un appauvrissement des sols, et n'a fait ainsi qu'accentuer les pollutions environnementales. La consommation de pesticides est devenue **25** fois plus importante et celle d'engrais chimiques a été multipliée par **10**. Cette course aveugle à la productivité et donc aux profits a conduit inéluctablement à une forte dégradation des ressources naturelles (eau, sol, ...).

Les effets néfastes observés ont provoqué une prise de conscience mondiale de la nécessité de développer une agriculture écologiquement viable qui veille à la protection des ressources naturelles de façon durable. Ce concept a engendré l'avènement d'une agriculture dite « de précision » qui s'appuie sur des technologies innovantes visant à maîtriser les rejets de polluants dans la nature. L'épandage de pesticides constitue un exemple d'activité nécessitant un apport technologique certain tant il est polluant. Les préoccupations en matière de risques liés à une forte utilisation des produits phytosanitaires se sont, en effet, amplifiées depuis une vingtaine d'années.

En Algérie, les petites parcelles de cultures maraichères et les tunnels de plasticulture possèdent le taux le plus important des traitements phytosanitaires (**INPV, 2015**), le marché des produits phytosanitaires est en pleine expansion, et l'utilisation de ces produits est au summum. La plus grande part du marché est destinée aux cultures sous serre avec un taux qui dépasse les 40% (**Belazougui, 2015**). Cela est dû à l'utilisation des semences hybrides qui sont très exigeantes en intrants agricoles.

La pulvérisation agricole en Algérie pose des problèmes d'ordres techniques, économiques et environnementaux ainsi que de santé publique.

Techniquement, il s'agit des problèmes liés à la qualité des pulvérisateurs ainsi qu'à l'utilisation de ces derniers. Les fabricants algériens proposent des pulvérisateurs de bas de gamme à bas prix, qui sont à la portée des petits agriculteurs, mais qui disposent de peu de fonctions de réglage, de sécurité et de protection aussi bien pour l'opérateur que pour l'environnement, d'autant plus que ces aspects ne font pas encore partie des priorités de l'agriculteur algérien. Ajouter à cela, l'utilisation inappropriée de ces machines, aussi bien qu'en terme de réglages qui se fait souvent par tâtonnement, qu'au choix judicieux et précis des doses appliquées. Tout cela se répercute négativement sur la qualité de pulvérisation. L'efficacité d'application des pesticides est très faible et reste tributaire des techniques adoptées pour la diffusion de la bouillie sur la cible, plus précisément de l'état et des performances des pulvérisateurs agricoles utilisés.

Economiquement, il s'agit des problèmes liés aux pertes des rendements, causées par la maîtrise insuffisante des traitements pesticides, ce qui cause des dégâts aux cultures par les différents ennemis (insectes, maladies, adventices,...).

D'autre part, l'agriculture algérienne utilise de grandes quantités d'intrants chimiques pour garantir des rendements qui ne sont pas souvent élevés, pour la fertilisation ou pour la lutte contre les nuisibles. Selon **Mohammedi Z., 2018** ; Pour les grandes cultures en Algérie le volume moyen à pulvériser est de l'ordre de **300 à 600 l/ha**, de **600 à 1200 l/ha** pour l'arboriculture fruitière, cette quantité varie selon le stade végétatif de l'arbre et selon les réglages des machines de pulvérisation. Alors qu'en France et en Allemagne le volume moyen appliqué pour les grandes cultures est de **150** et de **200 l/ha**, et pour l'arboriculture fruitière est de **400 à 600 l/ha**. (**Sébastien C. et al., 2012**). L'opinion publique semble prendre conscience de la relation entre les doses de pesticides appliquées d'une part, et les risques pour la santé et l'environnement d'autre part. En effet, compte tenu de l'utilisation importante des pesticides, des résidus de pesticides peuvent être retrouvés dans les différents compartiments environnementaux (eaux, sols, air et dans les denrées alimentaires) selon la plusieurs auteurs, lors de l'application d'une substance, de nombreux paramètres influencent son transfert vers l'environnement : météorologie, propriétés intrinsèques de la substance (mobilité, dégradation, solubilité, volatilité. . .), type de sol, végétation, topographie....

Les mesures prises en Algérie jusqu'à présent ne sont pas à la hauteur des défis environnementaux majeurs, elles s'appliquent encore peu aux pollutions diffuses et à la consommation élevée de pesticides. La réduction des quantités de produits appliqués est pourtant désormais mise en avant par les pays développés, mais reste totalement négligé par l'Algérie.

Dans ce contexte, s'inscrit la présente étude dont l'objectif principal est de parvenir à optimiser les procédés de pulvérisation en milieu agricole tout en visant une production agricole satisfaisante. Notre travail de recherche contribue à un thème de recherche important, l'augmentation du niveau d'efficacité d'application des pesticides en Algérie.

Cette thèse a un triple enjeu : environnementale, agronomique, et économique. Le souci d'une agriculture algérienne productive, moderne, durable, et respectueuse de l'environnement nous a naturellement conduit à porter notre intérêt sur la pulvérisation, dans le contexte d'une introduction de l'agriculture de précision définie par « la bonne dose, au bon endroit et au bon moment ».

L'approche de cette thèse est innovante car, aucune équipe de recherche n'a actuellement envisagé en Algérie, établir une étude d'un dispositif qui autorise une large variation de la vitesse ou de la dose, sans impacter la pression de pulvérisation et donc la taille des gouttelettes. Pour ce faire, d'une part des enquêtes ont été menées sur le terrain, d'autre part des essais ont été réalisés sur terrain.

Aussi, les problématiques de cette thèse se présentent comme suit :

Ce mémoire de thèse s'articule en trois parties :

En première partie, Nous commencerons par présenter les pesticides, avec l'herbicide à base de glyphosate, à travers la situation de consommation actuelle dans certaine région agricole en Algérie. Nous verrons ensuite les différentes cultures avec leurs taux d'utilisation de l'herbicide, la problématique de cette partie se définit comme suit :

- ***Quelles sont les zones ou on applique le plus de glyphosate en Algérie ?***
- ***Le choix des doses de glyphosate est-il justifié par le type de culture à mettre en place ?***
- ***Quelles sont les plages de valeurs de débit de bouillie, de vitesse de rotation du ventilateur et de la hauteur de la rampe pneumatique qui offrent la meilleure qualité de pulvérisation possible sur le psylla de poirier ?***

- *Quelle la meilleure molécule active, la dose exacte, et le meilleur moment pour lutter contre le Psylle du poirier ?*
- *Est – il possible d’introduire le système PWM dans les pulvérisateurs en Algérie ?*

Organisation de la thèse

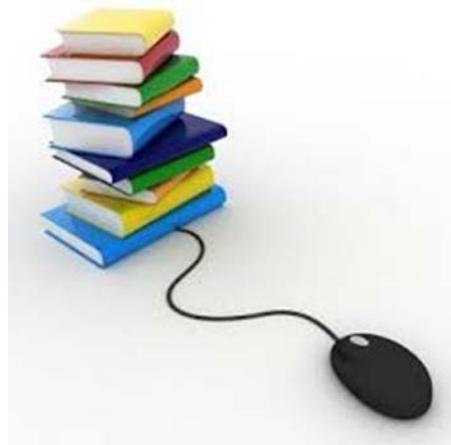
Le manuscrit est structuré en deux parties, la première partie bibliographique comporte les acquis concernant la pulvérisation agricoles et les méthodes d’application de pesticides soit en conventionnelles ou modernes en agriculture de précision.

La synthèse bibliographique est centrée sur la problématique de la pulvérisation des pesticides en Algérie, les facteurs influençant la qualité de la pulvérisation, ainsi que la présentation des nouvelles générations des buses et des systèmes de pulvérisations.

La partie expérimentale s’articule autour de trois chapitres :

- **Chapitre 5** : Analyse des résultats d’enquête d’utilisation du glyphosate et d’autres herbicides dans quelques wilayas algériennes.
- **Chapitre 6** : utilisation d’une rampe à pulvérisation pneumatique pour tester l’efficacité de trois insecticides, avec un jet projeté sur le psylle de poirier.
- **Chapitre 7** : Etude et conception d’un système de pulvérisation à contrôle de débit **PWM**.

Enfin, on terminera avec une **conclusion générale**, ou en synthétisera tous les résultats obtenus et les perspectives dans ce domaine



Synthèse bibliographique

Chapitre 1 : Problématique de la pulvérisation des pesticides en Algérie

Chapitre 1 : Problématique de la pulvérisation des pesticides en Algérie

1.1 Introduction

La protection des plantes est l'un des facteurs qui ont largement contribué à l'augmentation des rendements et à la régularité de la production. Les produits phytosanitaires (ou pesticides), faciles d'accès et d'emploi, relativement peu chers, se sont révélés très efficaces et fiables dans la plupart des cas. Ainsi, l'agriculture algérienne depuis l'année **2000** a développé beaucoup de systèmes de culture intensifs en arboriculture, ou en maraichères, ces systèmes de cultures sont fondés sur la recherche des hauts rendements avec une grande précocité des produits agricole, et un recours aux pesticides.

Le matériel utilisé pour l'application de ces produits est le pulvérisateur avec différentes possibilités d'ajustement et réglages. Les quantités de bouillie pulvérisées sont en constante diminution dans plusieurs pays (**INERIS, 2005**).

Cependant elles restent encore élevées en Algérie. Alors qu'en France et en Allemagne le volume moyen appliqué pour les grandes cultures est de **150 à 200 l/ha**, et pour l'arboriculture fruitière est de **400 à 600 l/ha**. (**Sébastien C. et al., 2012**)

Selon **Mohammedi Z., 2018** ; Pour les grandes cultures en Algérie le volume moyen à pulvériser est de l'ordre de **300 à 600 l/ha**, et pour l'arboriculture fruitière les quantités pulvérisées sont de l'ordre de **600 à 1200 l/ha**, cette quantité varie selon le stade végétatif de l'arbre et les réglages des machines de pulvérisation.

1.2 Processus de transport des produits phytosanitaire sur les composante de l'environnement

Selon **ACTA 2015**, on peut classer les pesticides selon leur mode d'action sur la plante en deux types, pesticide de contact et systémique.

Pour les traitements avec des produits de contact, on cherche à obtenir une pulvérisation la plus fine possible, car l'efficacité dépend du nombre d'impacts, les grosses gouttelettes, trop lourdes, ont tendance à ruisseler sur le feuillage des plantes. D'autre part, il est nécessaire que les gouttelettes aient une masse qui leur permette de résister aux déports par les flux d'air et à l'évaporation avant d'atteindre leurs cibles.

La maîtrise d'un traitement précis est difficile à cause des conditions du travail agricole : Le tracteur qui tire la machine se déplace sur un terrain qui n'est pas toujours plat et homogène, la culture évolue au cours de la saison (géométrie, densité) et les conditions climatiques sont extrêmement fluctuantes. Faute de disposer de méthodes de traitement suffisamment précises, dans la pratique, l'agriculteur privilégie souvent les modes de traitement garantissant la maximisation de la production. Ce choix a de lourdes conséquences sur l'environnement car une grande proportion des quantités de pesticide appliquées est dispersée dans l'atmosphère, dans le sol et dans les eaux de surface, pendant et après le traitement.

1.2.1 Pendant le traitement

L'atmosphère est principalement polluée par la dérive des petites gouttelettes (la présence de cette catégorie de gouttelettes est indispensable pour une bonne couverture du feuillage). Une autre partie des gouttelettes pulvérisées est déposée directement au sol sans toucher les plantes. D'autre part, les plantes ciblées par les substances chimiques, ne retiennent qu'une faible proportion des gouttelettes impactant la surface des feuilles, « **la rétention** ». L'autre partie, généralement constituée de grosses gouttelettes, est déposée au sol par ruissellement après rebond sur la surface des feuilles.

1.2.2 Après le traitement

La pollution peut être liée au déport, à l'évaporation ou même à la fraction qui avait adhéré aux plantes pendant le traitement. Les principaux mécanismes de transfert des pesticides vers les différentes composantes de l'environnement sont schématisés dans la figure 1. Ces différentes formes de transfert constituent une perte considérable sur différents plans. D'un point de vue agronomique, la proportion de matière active perdue, est une perte au niveau de l'efficacité du pesticide qui aura des conséquences directes sur les rendements de la culture. D'un point de vue économique c'est une charge supplémentaire au niveau du coût de traitement qui se répercutera sur le coût de production finale.

D'un point de vue environnemental, les pertes constituent une grande source de pollution des Compartiments air, eau et sol, et une menace potentielle pour la santé publique en général et celle des ouvriers et les agriculteurs en particulier.

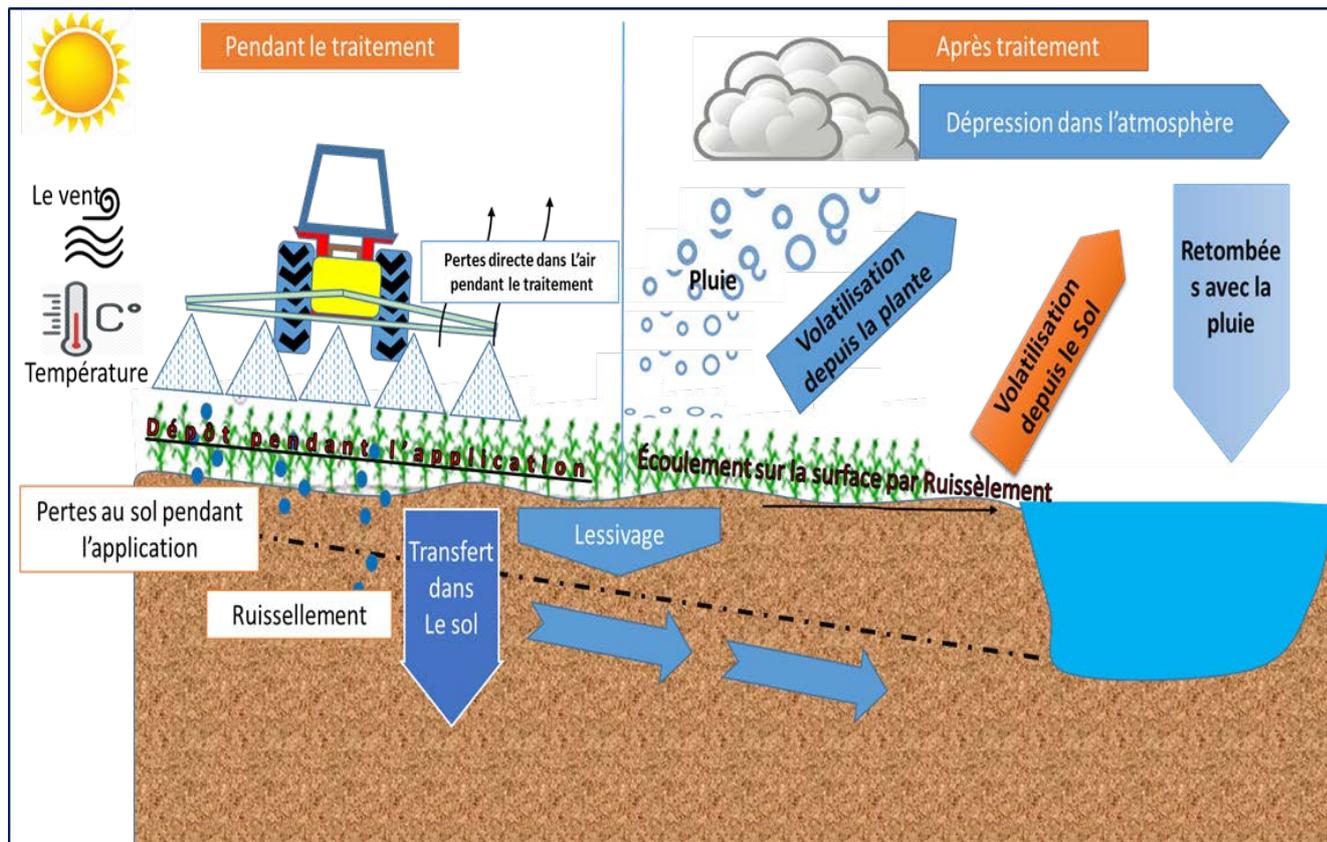


Figure 1 : Processus de transfert des pesticides sur les différents composants de l'environnement.

1.3 Contexte des traitements phytosanitaires en Algérie

1.3.1 Place des cultures basses dans l'agriculture algérienne

La plus grande partie des cultures basses en Algérie représentées par les céréales (blé dur, blé tendre et l'orge), et des cultures fourragères telles que le maïs fourrager, l'avoine et la luzerne) dans une superficie totale qui dépasse **4,5 millions d'hectares**, soit **50,45 %** de la surface agricole utile qui dépasse **8,7 million d'hectare**. (RGA, 2003)

Sur le total traité, 91% des traitements concernent le désherbage chimique dont **70 %** dans les hauts plateaux du pays. Dans cette zone de l'Algérie qui est la zone céréalière par excellence, selon L'ITGC, 2017 le nombre moyen de traitements de la culture de blé est d'au moins trois par campagne : **1 à 1,5** désherbage pour les mono et les dicotylédones et un traitement fongique.

Ces résultats montrent bien qu'en Algérie, le désherbage des céréales est l'opération la plus consommatrice de pesticides et que sur le plan géographique, le Nord du pays couvre la grande majorité des superficies désherbées.

Pour les cultures maraichères et les cultures industrielles, elles ne représentent que **3,5 %** de la surface agricole utile (**270 000 hectares**), cette surface est très petite par rapport à la surface des céréales, mais elle consomme des très grandes quantités des produits phytosanitaires notamment les variétés hybrides pour une production en hors saison.

Les cultures maraichères cultivées en sous serres, et sous les abris, ce sont des cultures très rentables, avec des rendements très élevées, mais très coûteuses avec une grande utilisation de pesticides et de variétés hybrides, qui sont très exigeantes, elle représente selon **RGA, 2003**, plus de **0,5 %** de la surface agricole utile.

1.3.2 Place de l'arboriculture fruitière dans l'agriculture algérienne

Le **RGA 2003**, montre une répartition déséquilibrée entre les cultures basses (**55%**) Et l'arboriculture (**8%**). Selon la même référence, en **2003**, les agrumes représentent à elles seules plus de **10 %** de la superficie occupée par des arbres fruitiers.

Toutes les cultures arboricoles sont exigeantes aux traitements phytosanitaires, mais les vignobles qui représentent une superficie **1,2** de la SAU selon la **MADRP, 2017** sont les plus traités contre les maladies fongiques (mildiou, oïdium et botrytis) selon **MOHAMMEDI, et al, 2018**, notamment dans leurs système de plantation de type pergola.

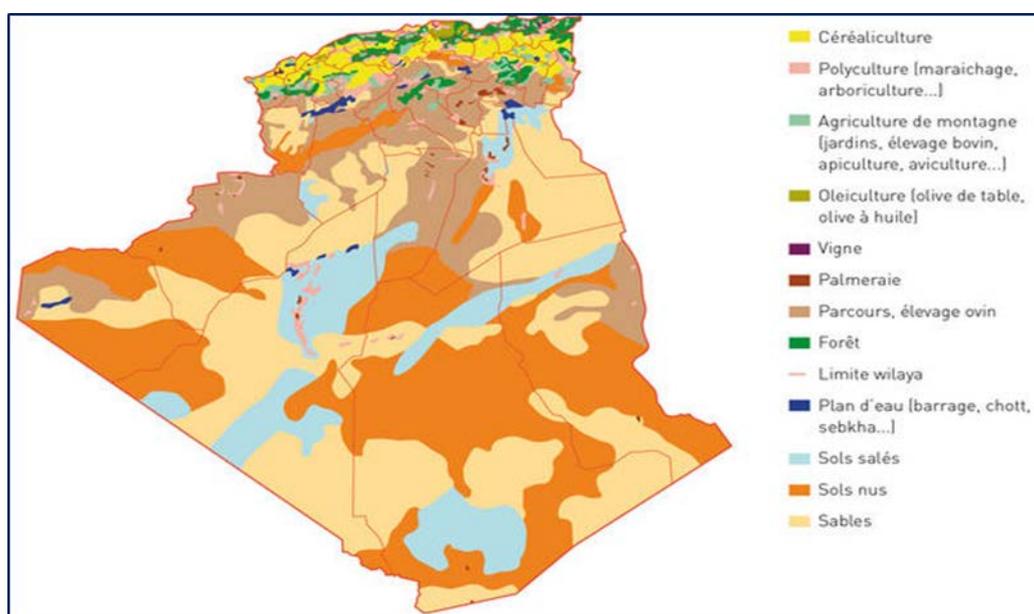


Figure 2 : La répartition des activités rurales en Algérie. (MADRP, 2018)

1.4 Les pesticides en Algérie

Les chiffres du centre national de l'informatique et des statistiques (CNIS, 2018) montrent que la moyenne des importations annuelles des pesticides entre 2008 et 2018 s'élève à **547 471 kg/an** (voir Figure 3).

Ces quantités sont utilisées principalement en agriculture (autour de 95%) pour une superficie traitée d'environ **601 000 ha/an** soit près de **4,7 kg/ha**. Á titre de comparaison, la quantité utilisée en France s'élève à **110 000 t/an** pour une SAU de **295 000 km²** (soit **3,7 kg/ha** en moyenne), et la quantité utilisée en Tunisie est de **5 kg/ha** sur une surface totale de **761 000 ha/an**.

Selon l'INPV, 2015 l'utilisation de ces quantités se répartie entre la céréaliculture avec une part de **65 %**, l'arboriculture avec **15 %** et le maraichage avec **20 %**.

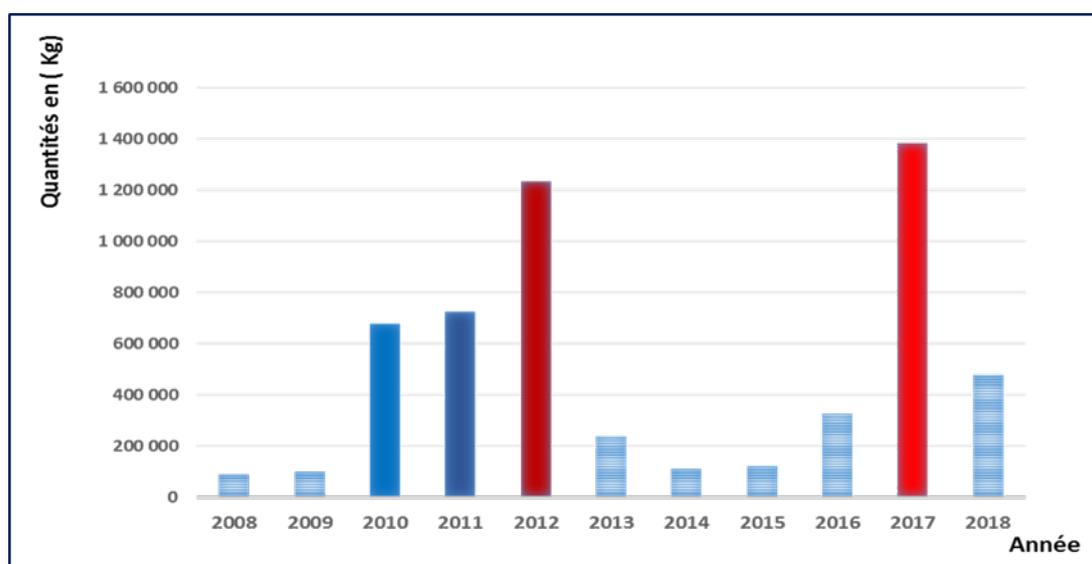


Figure 3 : Les importations des herbicides en Algérie entre 2008 et 2018. (CNIS, 2018)

1.4.1 Présence des pesticides dans l'environnement : une situation inquiétante

Selon les experts mondiaux, l'utilisation des pesticides et d'autres substances chimiques est en constante augmentation à travers tous les pays du monde. Dans l'union européenne, la consommation en pesticide varie selon les pays. D'après **Who, 1989**, les pays froids consomment très peu de fongicide et d'insecticide, alors que dans les pays d'Europe de sud (Italie, Espagne,...etc.) la consommation des pesticides est très élevée.

En **2008**, **Merhi** a considéré que le problème dû aux mauvaises pratiques phytosanitaires a favorisé l'accumulation des pesticides périmés dans les pays en développement et en particulier les **54** pays africains.

Les pesticides sont souvent abandonnés à ciel ouvert ou encore stockés dans de mauvaises conditions, dans des structures de boue et de paille avec des sols en terre et des barils métalliques au niveau des locaux inadaptés , à proximité des champs cultivés et des puits dans les zones habitées , ainsi que près des magasins d'alimentation , des sources d'eau ou près des marchés . Ils laissent échapper leurs substances toxiques dans l'environnement (sol, eau et air) et constituent un danger réel pour la santé humaine et animale. (**Kheddam, 2012**)

Les pesticides se retrouvent dans les aliments. Ils se concentrent dans l'écorce des légumes et des fruits (dont notamment la laitue, épinards, poireaux ...etc.). Selon **Chalabi ,2009**. Les fruits les plus touchés sont les fraises, les mandarines et les raisins.

L'ONG ,2018 ; elle publie chaque année la liste des fruits et légumes qui préservent beaucoup de pesticides, toujours les épinards, la pomme de terre et les fraises sur la têtes des produits qui préserve plus de **178** pesticides

1.4.2 Cadre réglementaire

En Algérie, environ **400** produits phytosanitaire sont homologués, dont des milliers de tonnes sont utilisés par les agriculteurs (**Amine, 2009**), notamment les produits de la santé public.

En Algérie le domaine du commerce des pesticides est très pauvre en matière de réglementation, sauf les textes qui fixent les méthodes d'obtention de l'homologation en passant par les services de l'**INPV**. Mais le grand problème de ces pesticides se pose au niveau de leurs ventes en détails, et sur les méthodes d'application sur les cultures par les agriculteurs (**Declerq, 2009**). En ce qui concerne la protection de l'homme et de l'environnement contre les pesticides pendant et après leur application sur les cultures, il n'existe pas encore de lois explicites.

1.5 Structure des exploitations agricoles

Selon **RGA 2003**, la superficie moyenne des exploitations agricoles est de plus en plus faible, la proportion des exploitations de moins de **5 ha** représente **75%** de la **SAU**. Cette situation a bien sûr des répercussions directes sur l'acquisition du matériel agricole. Le travail réalisé à l'université de Boumerdès par **Mohammedi, et Beche en 2015** sur la caractérisation du secteur des traitements phytosanitaires dans la région de Mitidja, a montré un degré de mécanisation de **70 ha** par pulvérisateur. A titre comparatif, en France, la taille moyenne est

de **54 ha** par exploitation et le degré de mécanisation est de **62 ha** par pulvérisateur d'après **Agreste, 2008**, et en Tunisie un pulvérisateur par **251 ha** selon **Bahrouni, 2008**.

1.6 Les conditions Climatiques

En Algérie, les traitements phytosanitaires des grandes cultures ont lieu généralement entre décembre et avril. D'après **Mohammedi et al 2017**, la pulvérisation des produits de fertilisation foliaire débute à partir du stade de deux feuilles jusqu'au mois de Mai, selon les régions de culture et selon les variétés et leurs exigences aux différents produits de fertilisation comme les oligoéléments et les éléments majeurs de la plante.

Selon les années et le mode de culture suivi par les céréaliculteurs, le désherbage chimique en labour conventionnelle peut commencer vers la mi-décembre à partir du deuxième tallage pour s'étendre jusqu'au début mars. Les traitements fongiques quant à eux commencent à partir du début février et continuent jusqu'au mois de Mai. Or, cette période est caractérisée par un climat méditerranéen qui est sensiblement différent de celui des régions européennes et américaines. Les moyennes de la température maximale des mois de mars et d'avril varient entre **15** et **25 C°**, avec des valeurs quotidiennes qui sont à **15%** supérieures à **30%**.

Pour l'Humidité Relative minimale, les moyennes se situent entre **40** et **63%** avec **35%** des valeurs quotidiennes inférieures à **30%**.

Le Climatogramme de la **figure 4** présente les mois secs et les mois humides de la région de l'algérois et la Mitidja durant l'année **2016**.

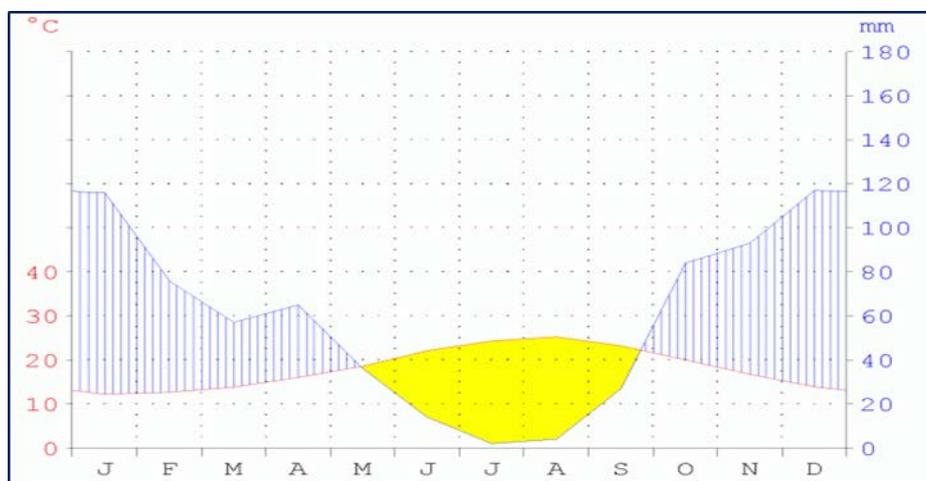


Figure 4 : Clmato gramme de l'Algérie en 2016. (FAO, 2016)

Pour toutes les cultures les périodes humides sont les plus dangereuses, ce sont des moments de développement des maladies cryptogamiques qui nécessitent un nombre important d'interventions avec des pesticides.

En moments de température extrême, on intervient avec des oligoéléments et des biofertilisants pour augmenter la résistance de la plante aux différents types de stress thermiques. (Mohammedi et al, 2017)

1.7 Le matériel de pulvérisation

Contrairement à la situation en Europe, en Algérie, le nombre de techniques de traitement phytosanitaire pratiquées est limité. Les produits phytosanitaires sont appliqués par pulvérisation et très rarement par poudrage, ou par injection de gaz, le poudrage est une ancienne technique d'application des produits sous formes d'une poudre (techniques très connues avec le soufre micronisé, et la sulfate de cuivre en poudre) elle est abandonnée avec l'apparition des produits solubles et mouillables, mais en Europe cette méthode de poudrage existe toujours notamment en agriculture biologique en viticulture et en culture des solanacées.

Les pulvérisateurs sont fabriqués en Algérie par la société «SFT» de Sidi Bel Abbès, compte tenu de la faiblesse de la superficie moyenne des exploitations agricoles, la demande du matériel de pulvérisation sur le marché local est très limitée. Pour pouvoir vendre leur produit, le fabricant algérien propose des pulvérisateurs de bas de gamme qui sont à la portée des petits agriculteurs, ils disposent de peu de fonctions de réglage, de sécurité et de protection aussi bien pour l'opérateur que pour l'environnement, d'autant plus que ces aspects ne font pas encore partie des priorités de l'agriculteur algérien.

Les appareils proposés en Algérie sont des pulvérisateurs conventionnels, à pression de liquide à jet porté (utilisés en arboriculture avec une capacité de cuve de **600** litre pour les machines portées, et **1000** litres pour les machines tractées), ou à jet projeté (utilisés pour les cultures basses avec une cuve de **1000** litres équipée d'une rampe de **6** mètres de largeur de travail).

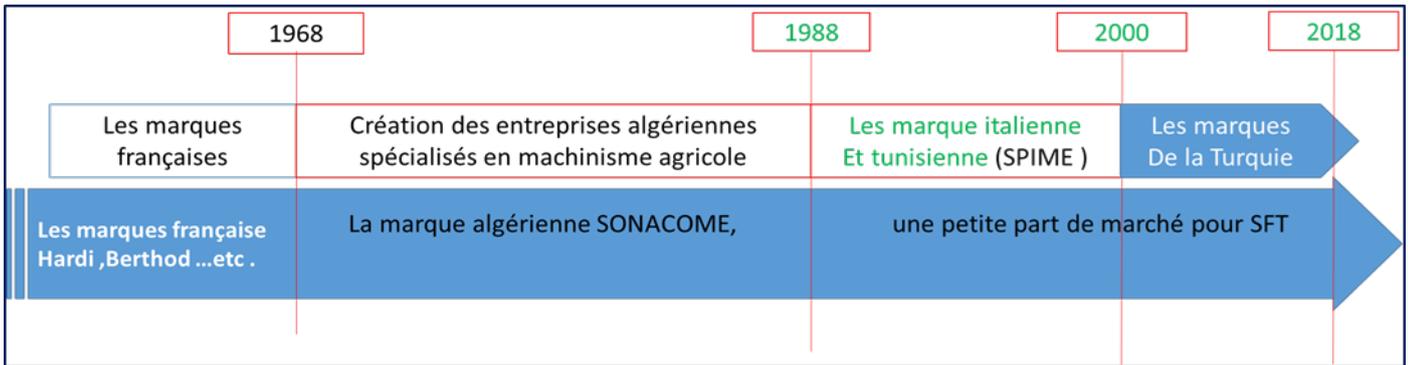


Figure 5 : Evolution du marché des pulvérisateurs selon les marques et les pays d’origine en Algérie. (Mohammedi et al. 2018)

1.8 Conclusion

Le programme des traitements phytosanitaire pour la protection des cultures, et le calendrier de fertilisation foliaire de la plante ne sont pas fixent, et ne sont pas exhaustifs, des opérations qui sont très difficile du fait des conditions climatiques qui influent sur le choix du produits et de la dose d’application.

D’après une étude réalisée par **MOHAMMEDI et al 2018**, sur le calendrier des traitements et de fertilisation des agrumes en Algérie, l’agrumiculture algérienne utilise plus de **30** produits de protection et de fertilisation dans **19** interventions avec le pulvérisateur.

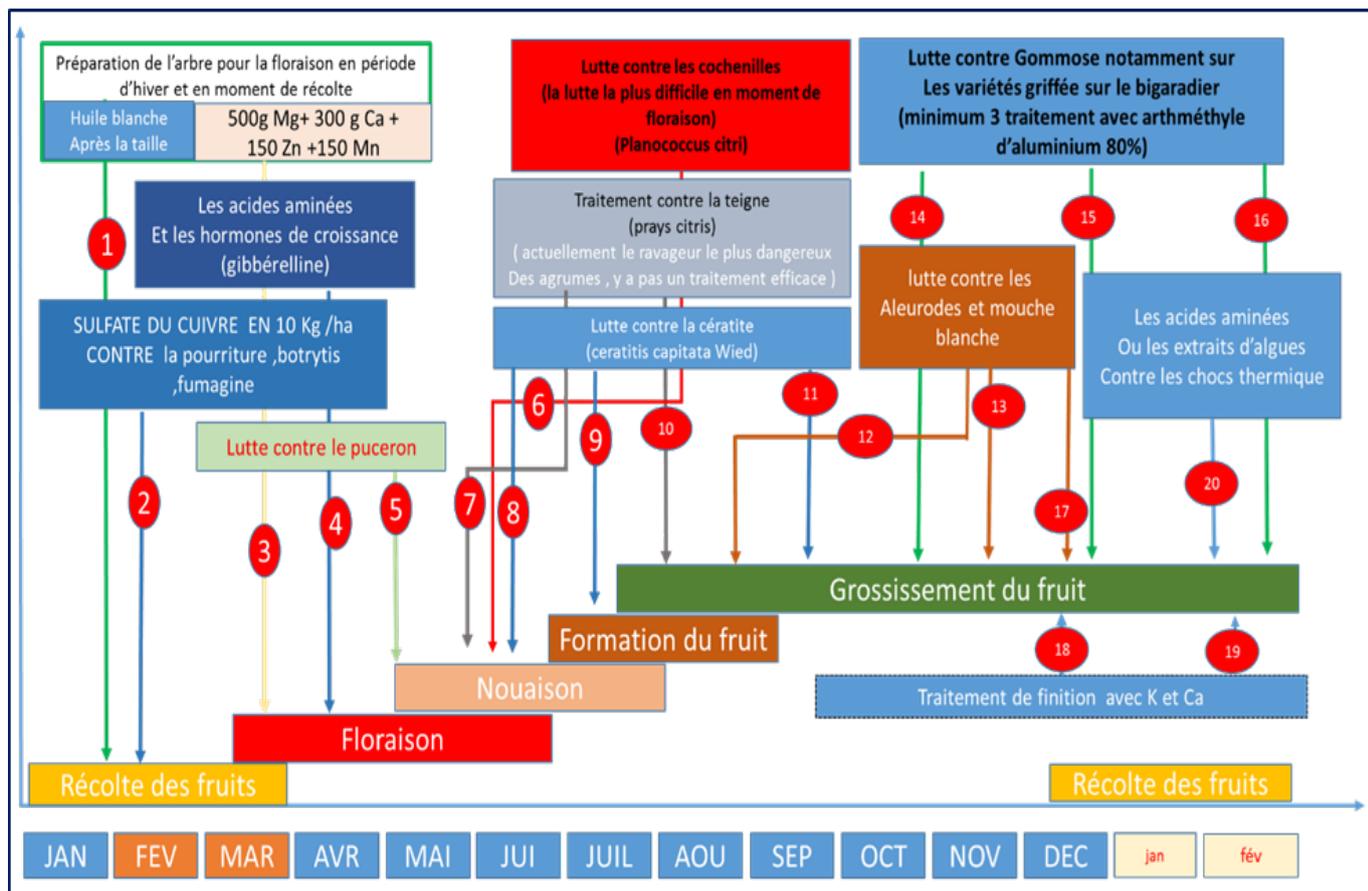


Figure 6 : Programme de traitement et de fertilisation foliaire des agrumes en Algérie. (Mohammedi et al, 2018)

Selon le même auteur les calendriers de traitement phytosanitaire dépend de plusieurs facteurs et paramètres :

- Du climat.
- Le type du sol.
- Les cultures et le type de spéculations périphériques.
- Les exigences des cultures, selon les variétés et selon les saisons.
- Le cycle végétatif de la plante (actuellement c'est une grande problématique mondiale, à cause de l'effet du changement du climat sur le des cultures).
- L'état sanitaire de la plante (apparition des maladies, qui sont aussi influencées par le changement de climat).
- La superficie de l'exploitation ou du verger influe sur le calendrier de traitement, et sur les quantités et les doses des produits phytosanitaires.
- L'âge de l'arbre (la culture la plus jeune demande des grandes quantités des produits de fertilisation), un vieil arbre à besoin beaucoup de produits de protection et des produits de fertilisation.

- Le bon choix du porte greffe est un paramètre important pour réduire les traitements phytosanitaires.

Chapitre 2 : Les facteurs influençant la qualité de pulvérisation.

Chapitre 2 : Les facteurs influençant la qualité de pulvérisation.

2.1 Introduction

La pulvérisation agricole est une opération de projection des fines gouttelettes des produits phytosanitaires ou des fertilisations liquides sur les différentes parties des cultures basses par le jet projeté ou bien sur les cultures arboricoles en jet porté , pour assurer la protection des cultures contre les maladies et les ravageurs ou bien pour les amendement chimique contre les carences en éléments essentiels des plantes cultivées.

On utilise le pulvérisateur agricole comme moyen de projection de ces produits, d'après **Roch, et al 2002** le pulvérisateur agricole est un instrument de précision qui permet l'application de produits pour le contrôle des ennemis des cultures.

Malgré sa simplicité d'utilisation, des vérifications et des ajustements sont nécessaires afin de s'assurer de la qualité du traitement et de la quantité du produit à appliquer pour ainsi protéger l'environnement. (**Roch, et al 2002**)

La qualité de la pulvérisation agricole elle dépend de plusieurs facteurs qui sont techniques liés à la machines et d'autres facteurs naturelles comme le climat et les propriétés de cultures.

2.2 Les facteurs techniques de l'efficacité de la pulvérisation

Les conditions techniques de la réussite de l'application des traitements phytosanitaires, c'est l'ensemble de méthode de pulvérisation, de préparation de la bouille, avec un bon diagnostic du besoin de la culture en produit de protection ou de fertilisation.

2.2.1 Diagnostic phytosanitaire

C'est le premier facteur qui détermine la qualité de pulvérisation agricole, est un paramètre très important pour le choix de la substance active, ou la matière active contre les ravageurs de culture. La plus part des agriculteurs en Algérie utilisent des produits phytosanitaire sans identification de la maladie, notamment en cas des attaques des insectes ravageurs et les maladies cryptogamiques.

La meilleure façon de lutter contre les bios agresseurs de la culture, c'est de maîtriser le cycle de vie des insectes, pour le meilleur choix du produit avec un bon moment d'application.

Pour les carences en différents éléments nutritif notamment les oligo-éléments, il faut bien suivre le programme de nutrition et de la fertilisation de la plante, la majorité des agriculteurs concentrent sur les éléments majeurs tels que le **N, P et K**. (**MOHAMMEDI, et al ,2018**)

Généralement les produits nutritifs majeurs sont efficaces avec un abondement racinaire sur le sol en période d'hiver jusqu' à la fin du printemps avec le mélange de la matière organique. La pulvérisation des éléments majeurs en forme liquide sur les feuilles engendre un stresse de la plante, et la plupart des agriculteurs utilisent cette application avec

le mélange des acides aminés pour résoudre le problème de stress mais avec un coût très élevé.

Dans le domaine des traitements phytosanitaires, les oligo-éléments sont les plus utilisés en mode de pulvérisation foliaire sous forme de chélates liquides en **EDDHA**, et **EDTA**. Car ils sont mieux assimilés par la plante.

2.2.2 La conduite culturale

La conduite culturale ou le système d'installation des plantes ou des arbres est un facteur très important pour limiter le développement des maladies, et la réussite des applications phytosanitaires.

2.2.2.1 le choix de la variété

La réussite phytosanitaire elle dépend du choix de la culture, de la variété, de la spéculation, et du genre aussi, même le porte greffe est un facteur très important pour maîtriser les maladies et leurs traitements. La plupart de la culture maraîchère sont très sensibles aux maladies fongiques notamment les solanacées, pour les arbres fruitiers les rosacées à pépins sont les plus sensibles à la tavelure.

Les cultures sous serres se sont des cultures très sensibles, est des variétés hybrides indéterminés très exigeantes aux traitements de prévention et de fertilisation, les coûts de production dans ce genre de culture est très élevé avec un grand rendement.

Selon **MOHAMMEDI, et al, 2018**, pour réduire le nombre d'intervention en traitement phytosanitaire il faut utiliser des variétés locales du genre déterminé, elles possèdent une très grande résistance aux maladies cryptogamiques.

2.2.2.2 techniques culturales

Les cultures hors saison se sont des cultures très consommatrices des produits phytosanitaires et des fertilisants, pour éviter les grandes quantités des fertilisants il faut utiliser les cultures de pleins champs et de la saison.

Selon **Amara et al, 2007**, la technique de semis direct pour les céréales favorise le développement des maladies fongiques, et conserve des grandes quantités du stock semencier des adventices notamment les monocotylédones.

Selon le même auteur la meilleure façon pour réduire les traitements phytosanitaires, c'est les techniques traditionnelles du travail du sol, avec le retournement de la couche de terre.

Selon **Zidani, 2014** la dose de semis de la culture, ou la densité de culture, est un facteur très important pour réduire le taux de développement des champignons et des ravageurs insectes.

Selon **MOHAMMEDI et al ,2018** : les cultures à plantation intensives ou hyper intensives, ce sont des installations très sensibles aux différentes maladies cryptogamiques, notamment dans l'agrumiculture et l'oléiculture, dans la densité qui dépasse les **800 arbres / hectares**.

Selon le même auteur les maladies fongiques et les attaques des bios agresseurs sont moins dangereux dans les installations plus airés notamment en vergers traditionnelles avec la densité de **200 à 400 arbres / hectare**

D'après le même auteur le bon choix d'un bon porte greffe, est un facteur limitant de développement de plusieurs maladies, par exemple l'utilisation le **citronne carizzo** pour le greffage des agrumes meilleur par rapport ou **bigaradier**.

2.2.2.3 les systèmes d'irrigation

Le système d'irrigation localisé en goutte à goutte est la meilleure méthode pour réduire les taux de développement des maladies et ravageur, l'humidité inter plants est bien maîtrisée, le traitement serait possible avec la machine de pulvérisation avec le tracteur en tous les moments, et cela n'est pas possible en méthode d'irrigation classique.

2.2.2.4 la fertilisation

La fertilisation azotée c'est la plus dangereuse sur les cultures, notamment sur la culture arboricole et les céréales, il faut éviter l'utilisation des engrais azotés en moment de floraison ou pendant les opérations du traitement curative.

La plupart des produits phytosanitaires ne sont pas efficace sur les cultures saturées en azote organique ou ammoniacale, ou bien sur les sols très riches en matière organique.

Par contre la présence des éléments du calcium ou le soufre, augmentent l'efficacité des produits phytosanitaires et le taux de tolérance des plantes avec la construction d'un tissu cellulaire très rigide. (**SMIRNOV et al.1977**)

2.2.2.5 Le choix du produit de traitement

Après un bon diagnostic de la maladie sur le terrain, le choix de la matière active est un paramètre très important, selon **l'INPV, 2015**, existe plusieurs matière active en plusieurs forme, simple et complexe , avec plusieurs mode d'action systémique et non systémique ,

selon les services de l'INPV ; les produits systémiques sont les plus efficaces , notamment en conditions humides .

Selon **BELAZOUGUI ,2017** ; les produits homologués par l'INPV, avec des molécules actives efficaces contre toutes les maladies, et le système de certification des produits phytosanitaire par l'INPV est un protocole délivré par la **FAO**.

Selon le même auteur la plupart des produits sur le terrain ne sont efficace à cause d'une mauvaise préparation, ou d'un mauvais choix de la substance active.

Selon **MOHAMMEDI et al, 2018** la meilleure façon de contrôler l'efficacité des pesticides c'est l'utilisation de protocole international **ISO**.

2.2.2.6 La méthode de préparation de la bouille

La préparation de la bouille pour la pulvérisation c'est avec l'eau douce, donc il faut prendre en considération le **pH** de l'eau et le **pH** de la bouille (eau + produit) avec l'utilisation d'un **pH** mètre.

La solution de traitement la plus efficace c'est avec un **pH** neutre ou légèrement acide de 6,5, et la plupart des produits phytosanitaire et de fertilisation sont très acides et très alcalins.

Existe plusieurs solutions et molécules pour augmenter l'efficacité de traitement phytosanitaire avec la stabilisation chimique de la bouille, les adjuvants se sont des solutions les plus fréquentes, mais les acides aminés pour les milieux alcalins et les extraits d'algues pour les milieux acides aussi est une solution très utilisées par les agriculteurs.

Selon **MOHAMMEDI et BECHE ,2017** ; il ne faut pas mélanger les produits phytosanitaires quelques soit le **pH** de la solution du produit, d'après les mêmes auteurs, en Algérie les agriculteurs utilisent plus de **4** produits dans leurs bouille de pulvérisation.

Selon **ACTA, 2015**, les produits phytosanitaires sont efficaces sans mélange avec d'autre produits dans d'autre famille chimique.

2.2.2.7 Utilisation des adjuvants

Les adjuvants est une nouvelle technique utilisée en traitement phytosanitaire, les adjuvants ne sont pas des produits phytopharmaceutique, ils ne sont pas d'action protectrice contre les bio- agresseurs comme les produits phytopharmaceutique, mais ils facilitent leurs rôle en améliorant leurs performance (rétention et/ou étalement) et peuvent diminuer les effets néfastes comme le ruissellement ou la dérive. (**Jouffray, 2017**)

Selon ACTA ,2015 . Un adjuvant est une substance ou préparation dépourvue d'activité biologique jugée suffisante dans la pratique, mais capable de modifier les propriétés physico-chimique ou biologique de produit phytopharmaceutique lorsqu'elle est ajouté en mélange extemporané au moment de la préparation de la bouille.

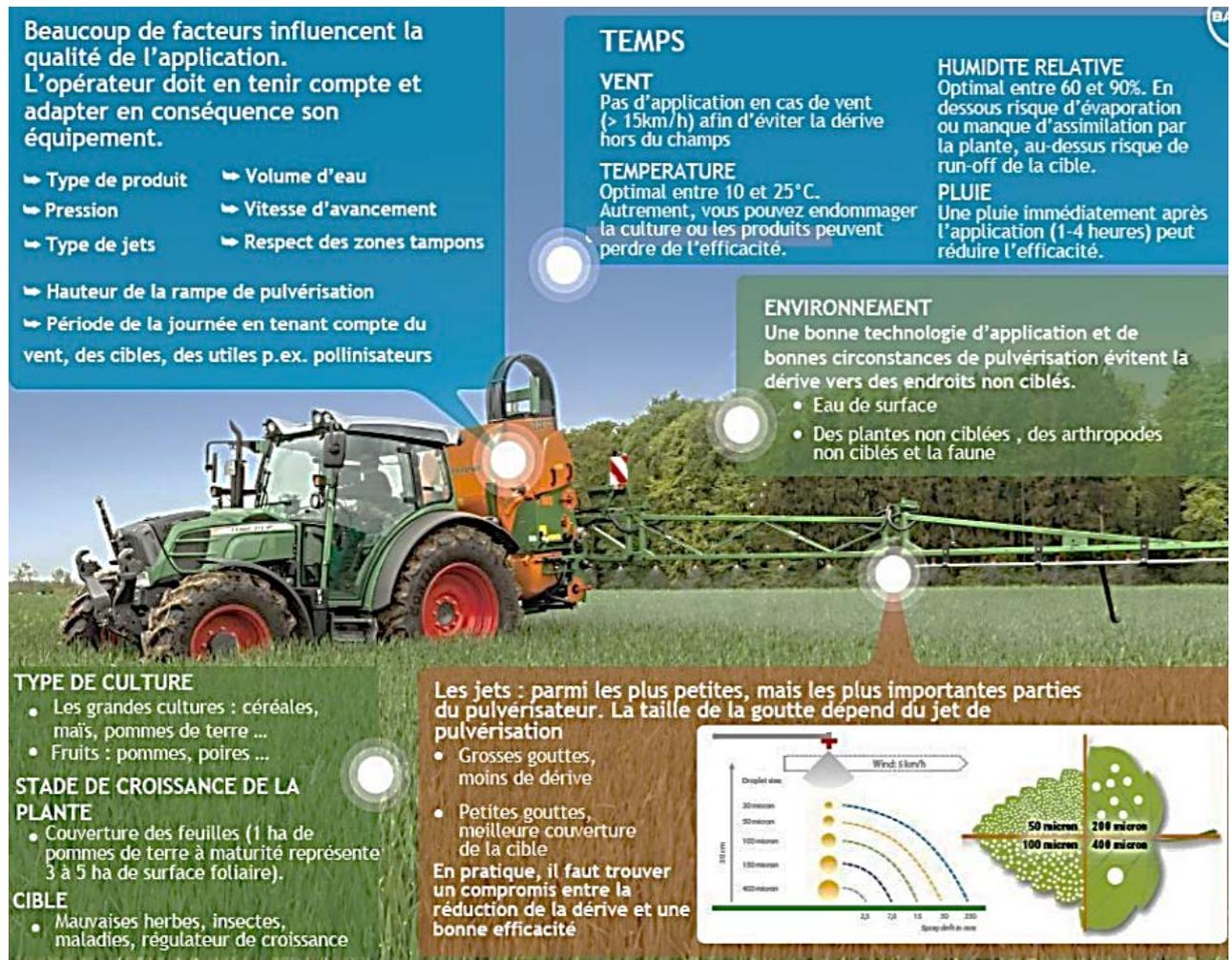


Figure 7 : Les facteurs qui influencent sur les qualités de l'application phytosanitaire. (Dirk ,2018)

2.3 Choix de la machine de traitement

La réussite de l'opération phytosanitaire elle dépend d'une grande partie sur le bon choix de la machine de pulvérisation avec un bon réglage du pulvérisateur.

Existe plusieurs types de pulvérisateurs, selon leurs modes d'attelage, selon la capacité de la cuve, et selon leurs modes de projection en jet porté et en jet projeté.

Les pulvérisateurs utilisés en Algérie ce sont de type conventionnel, avec une pression qui ne dépasse pas les **4.5 bars**, et une largeur de rampe de **12 mètres** en maximum et de 6 mètres en minimum

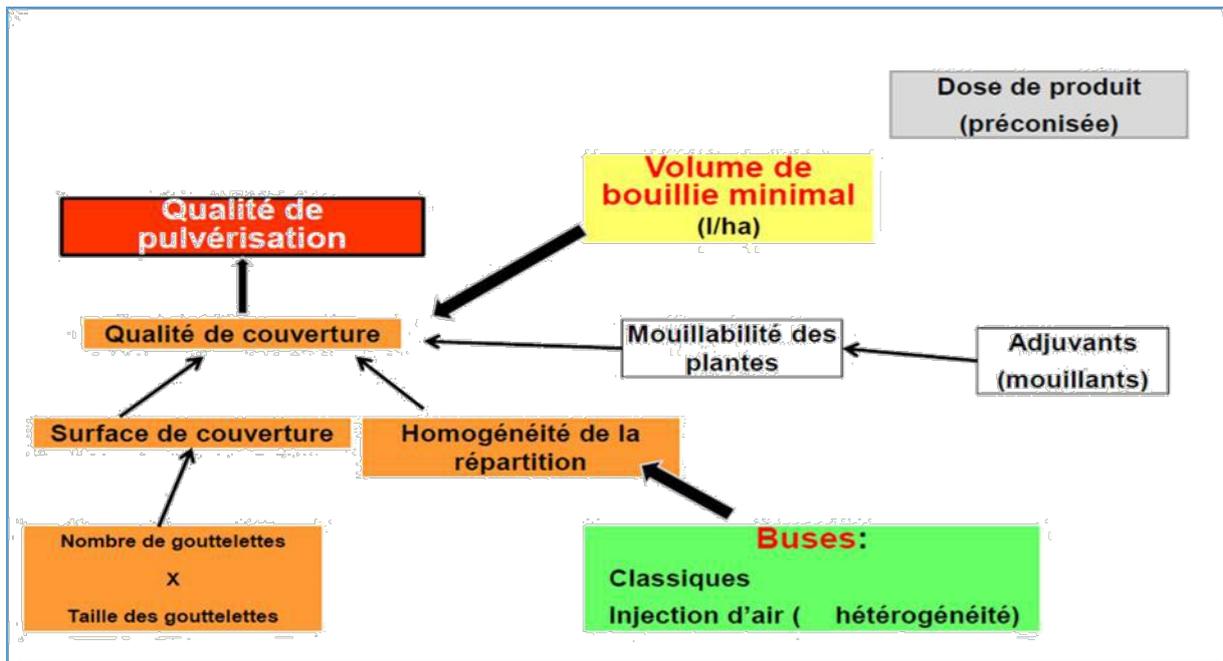


Figure 8 : Les facteurs techniques influent sur la qualité de la pulvérisation. (IAG, 2014)

Les cuves qui sont montés sur les pulvérisateurs d'une capacité de **400 litre à 1000 litre** en maximum.

Les buses avec la pression de travail se sont les deux paramètres les plus importants pour la réussite phytosanitaire.

Le choix des buses est en fonction de produits utilisés et en fonction de nombre de gouttelettes souhaités.

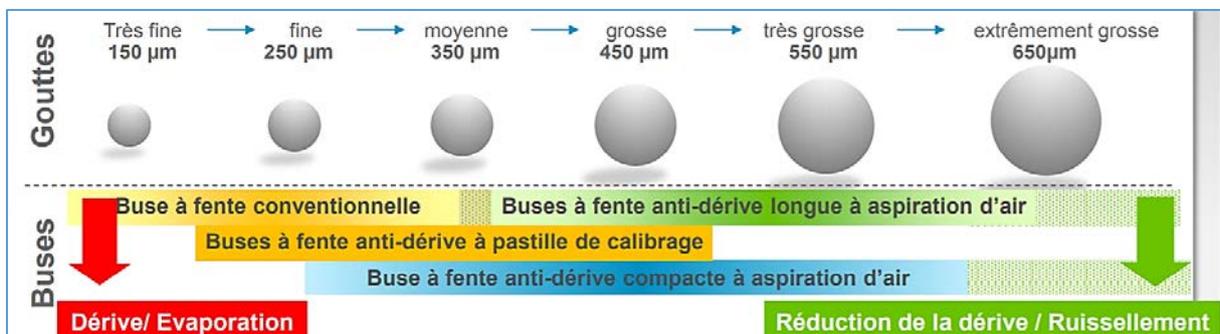


Figure 9 : La taille des gouttelettes de pulvérisation en fonction de buse. (Bayer, 2018)

2.4 Conclusion

De manière générale la maîtrise de la pulvérisation des produits phytosanitaire est une manipulation très délicate en vue de la présence et d'interaction de plusieurs facteurs techniques et naturels qui sont regroupés en figure suivante :

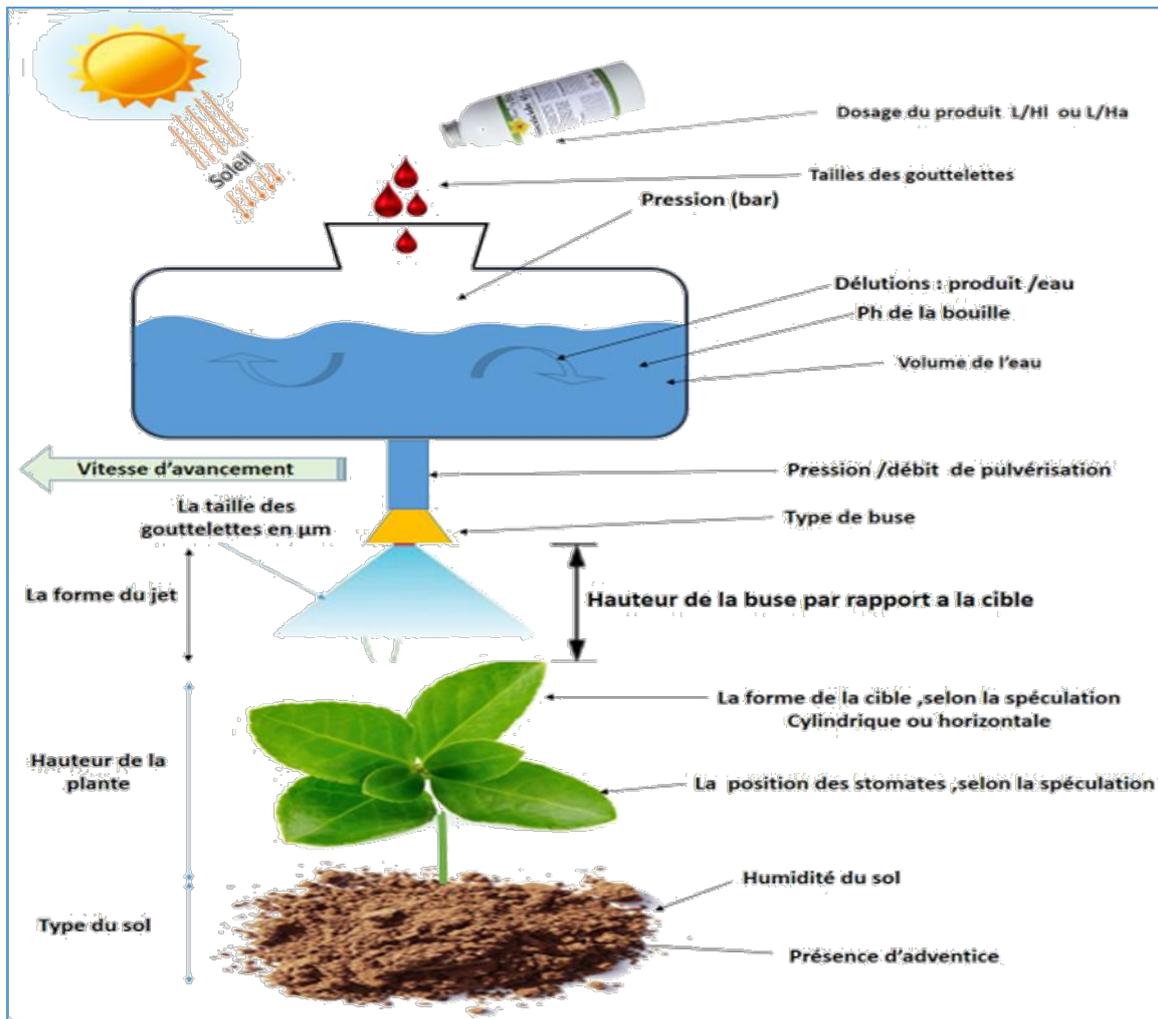


Figure 10 : L'ensemble des facteurs influençant sur la pulvérisation agricole. (Mohammedi et al, 2018)

Chapitre 3 :

Caractérisation de la

pulvérisation des

pesticides

Chapitre 3 : Caractérisation de la pulvérisation des pesticides

3.1 Introduction

Il n'existe pas une répartition idéale ou homogène des produits qui puisse convenir pour tous les traitements phytosanitaires mais plutôt plusieurs types de répartitions adaptées à chaque produit selon son mode d'action, cette adaptation de l'application du produit aux

objectifs visés passe par le choix judicieux du type de la machine de pulvérisation , des buses et des paramètres de fonctionnement comme la pression et le débit .

3.2 Les cibles et le mode d'action des produits

3.2.1 Pulvérisation sur sol nu

Généralement pour lutter contre les adventices au stade levée, il existe des produits herbicides à pénétration dans les cotylédons, pour effectuer au mieux cette opération, il est recommandé de mener une couverture continue dans le sol avec une densité au moins de **75 gouttes /cm²**. La finesse de préparation du sol et les conditions qui suivent l'application, la pluviométrie essentiellement ont une importance considérable sur l'efficacité du produit, et sur tous les herbicides. (**Bendjamin. 2016**)

Existe une deuxième méthode de lutte contre les adventices par voie d'un herbicide liquide sélectif incorporé (matière active : **trifluraline**) au sol en pré-semis pour la suppression des mauvaises herbes dans bon nombre de grandes cultures, de légumes et de plantes ornementales, le nombre de gouttelettes par cm² est d'ordre de **60 à 70** , le nombre change par rapport au mode de réparation du sol et le degré d'émiettement. (**Dow agro sciences ,2014**)

3.2.2 Pulvérisation sur la végétation

3.2.2.1 pulvérisation sur la plante

La surface des feuilles est estimée plus de Cinq fois de la surface du sol, comme le cas de la plus part des cultures maraichères, et plus de **7** fois la surface du sol dans le cas de la culture de pomme de terre dans la densité de **50 000** plants par hectare, cette surface des feuilles nous oblige à maîtriser les paramètres de fonctionnement les mieux adaptés pour parvenir à faire projeter le produit de manière à ce qu'il atteigne la cible voulue. (**Jagers et al, 1998**)

3.2.2.2 Pulvérisation sur les feuilles

La densité des gouttelettes par cm² et leur taille en µm sont deux facteurs déterminants dans l'efficacité des traitements, car cette dernière dépend avant tout d'une bonne couverture plus particulièrement le nombre d'impacts par unité de surface en cm² sur la végétation, et notamment le cas d'utilisation des herbicides.

En effet, il est prouvé que plus on obtient un nombre important de gouttelettes par cm², plus l'effet toxique sur les ravageur est meilleur, et ceci quel que soit le mode d'action du pesticide. (ACTA, 2015)

Les densités imposent une pulvérisation très fine, dans le cas contraire, les gouttelettes risquent de ruisseler sur la surface de la feuille. Les petites gouttelettes sont les plus recherchées, puisqu'elles ont un pouvoir couvrant très important. Elles sont facilement entraînées par les petits déplacements d'air créé autour de la plante. Elles se disposent même sur les parties inférieures des cultures, mais leur seul inconvénient c'est qu'elles sont soumises à la dérive. (Asman et al, 2003)

Les grosses gouttelettes sont peu sensibles à la dérive et tombent facilement à l'intérieur de la masse végétale de la culture, car elles sont plus lourdes ; par contre elles risquent de ruisseler sur les feuilles. S'agissant des fongicides de contact, un volume de **400 à 600 l/ha**, semble être maximum pour la plupart des cultures. De bons traitements semblent être faits avec un minimum de **200 l/ha**.

Tout en cherchant à faire couvrir le produit dans la masse des feuilles et de la végétation, il faut toujours déposer plus sur les parties supérieures des feuilles car elles sont soumises à l'action directe du soleil et des pluies qui risquent de dégrader la matière active.

3.3 Le processus de la formation du jet projeté

Dans le domaine des traitements phytosanitaires, on utilise en grande partie le jet projeté du fait de son efficacité, avec différents types de buses qui assurent une bonne répartition des gouttelettes sur la cible, et sans déformation de la forme et la direction du jet avec le vent comme le cas du jet porté .

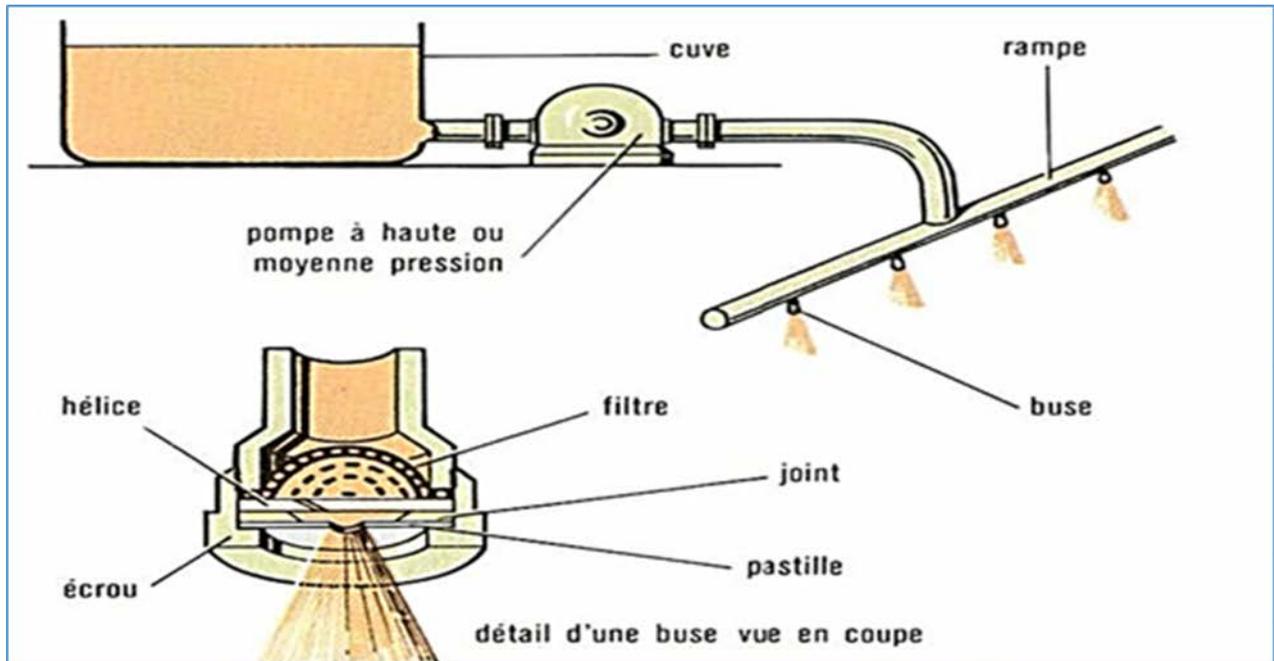


Figure 11 : Schéma de principe d'un pulvérisateur à jet projeté. (Anonyme ,2017)

3.3.1 Description de la buse a fente

A l'inverse des buses à turbulence, la buse a fente présente un orifice d'écoulement à section en forme d'ellipse généralement, elle est constitué par un corps, une buse proprement dite, un filtre et un écran.

3.3.1.1 le corps

Le corps est un cylindre creux ayant une extrémité fixée perpendiculairement sur la canalisation porte buse, l'autre extrémité fileté, reçoit l'écrou d'assemblage, à l'intérieur, le corps peut être cylindrique ou tronconique.

Le filtre est de forme cylindrique avec une armature centrale et une surface filtrante inter gagnable , ou bien de forme tronconique , ou bien encore il s'agit d'un filtre peuvent être en polyamide , en acier inoxydable ou en laiton ; les mailles du filtres sont autant plus fines que la section est plus petite . (El Haitoum, 1985)

3.3.1.2 la buse

Elle est appelée « cylindre a fente » ou pastille a fente, interchangeable, c'est un cylindre de petite longueur (**5 mm à 12 mm**) serti ou nom dans une armature pourvu d'une collerette pour assurer l'appui de l'écrou, à l'opposé de cette collerette, le tube se termine en demi- sphère creuse dont une portion a été éliminée suivant deux plans obliques symétriques par rapport au plan passant par l'axe longitudinal du tube . (El Haitoum , 1985)

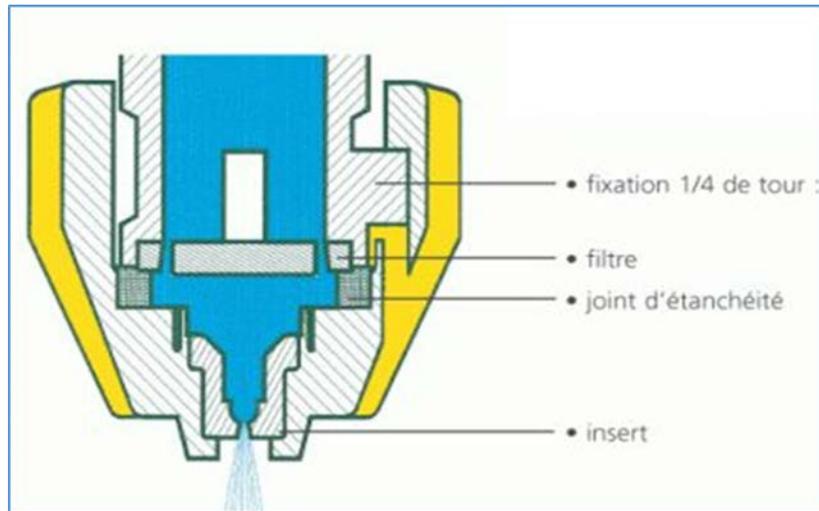


Figure 12 : Vue en coupe d'une buse à fente. (CEMAGREF, 2007)

En projetant sur un plan perpendiculaire à l'axe de la buse, l'orifice ainsi formé, on obtient une ellipse aux extrémités plus ou moins arrondies, dont l'axe principale délimite de part et d'autres deux portions de demi-sphères creuses, ce sont précisément les contours de ces demi-sphères qui donnent au jet de pulvérisation sa physionomie particulière. On appelle petit axe largeur maximale de la fente et grand axe la largeur de cette fente, le rapport : petit axe/grand axe ; varie généralement de **0,3 à 0,45**. (El Haitoum , 1985)

3.3.2 La formation du jet

Compte tenu de la description précitée, ce type de buse est assimilable à un réservoir cylindrique possédant au fond un orifice de sortie de forme elliptique par lequel s'échappe le liquide sous l'effet de la différence de pression entre l'intérieur du réservoir et l'extérieur. À la sortie de l'orifice le jet du fluide se trouve soumis principalement aux forces suivantes :

- Les forces de tension superficielles qui s'opposent à la rupture de la veine de fluide. ces forces ont tendance à faire en sorte que le liquide présente, à l'extérieur, la surface la plus réduite que possible.
- Les forces de viscosité s'opposent à la déformation de la veine du liquide.
- Les forces de cohésion s'opposent à la rupture de la veine du liquide à cause essentiellement de la différence de vitesse d'écoulement du fluide en différents points du jet.

Le jet est relativement épais d'où l'appellation qui lui a été attribué « jet pinceaux ».

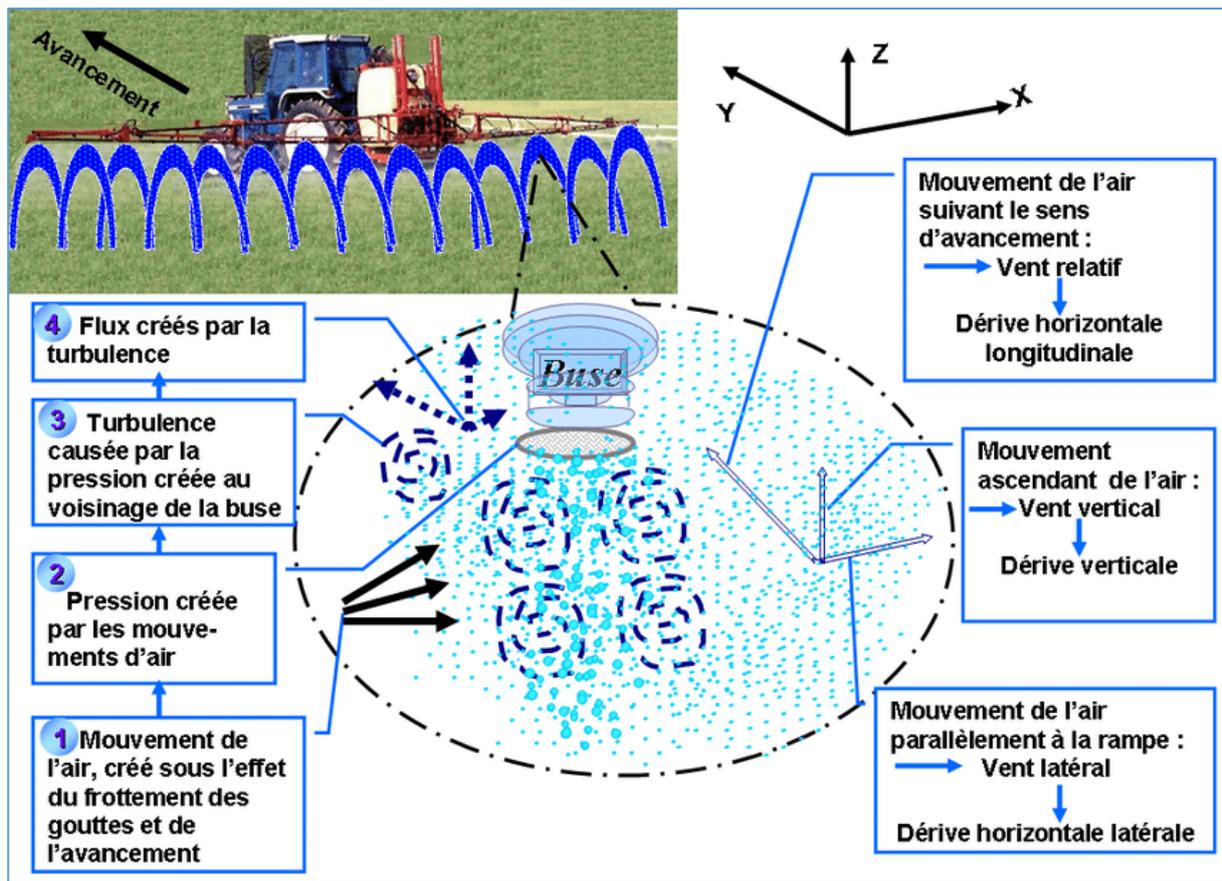


Figure 13 : Comportement physique du jet au voisinage des buses en présence d'un vent relatif, latéral et vertical. (**Bahrouni ,2012**)

Il est à noter que les perturbations créent dans le réservoir cylindre, âme de la buse proprement dite, provoquent de très forte vibration longitudinales de la veine du liquide. Compte tenu de non compressibilité du fluide, les vibrations longitudinales entraînent des vibrations latérales. L'air entourant le jet qui se déplace avec une vitesse irrégulière. Il provoque des vibrations aboutit à la rupture définitive du jet. La forme qu'épouse le filet de liquide peut être à la rigueur expliqué de la sorte ; l'énergie de la tension superficielle du liquide diminue avec l'augmentation de la section du filet c'est d'ailleurs, pourquoi le jet prend à l'extérieur une forme plus épaisse.

Les perturbations accidentelles dans le réservoir provoquent l'impulsion latérale dans le filet du fluide par rapport au sens d'écoulement. Les variations locales de vitesse amènent des changements brusques de pression, ce phénomène d'étranglement du jet sous buse à fente est connu sous le nom *Flutter*. (**El Haitoum , 1985**)

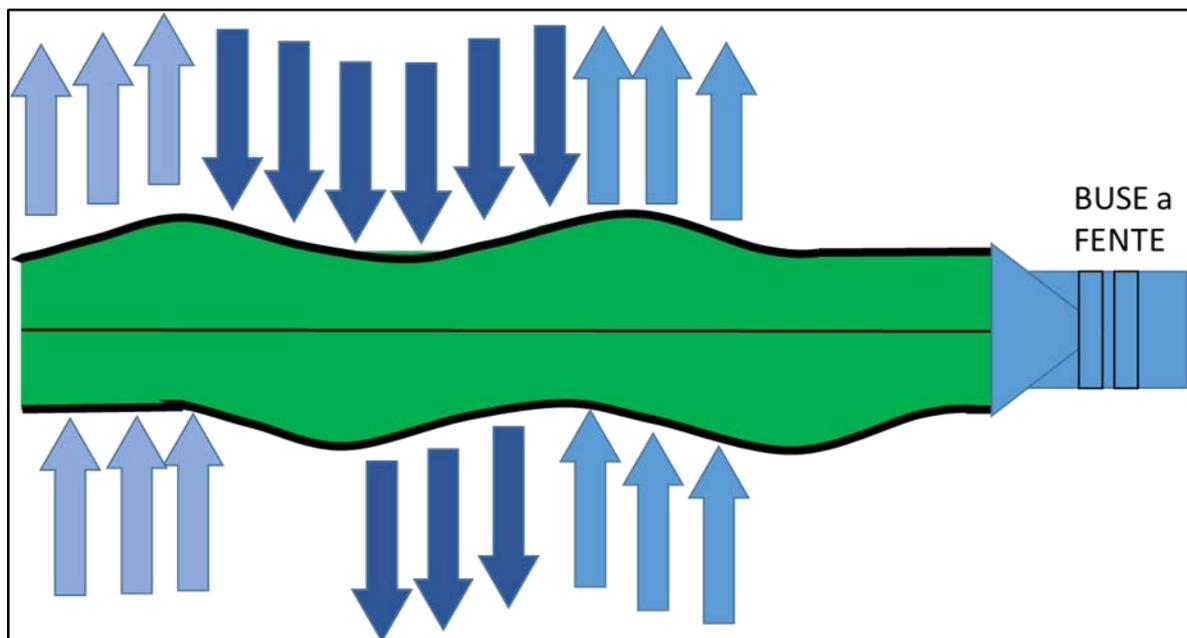


Figure 14 : Flutter du jet de pulvérisation sous buse a fente.

D'après **Mohammedi et al, 2017**, pour éviter la déformation et la perturbation du jet, et pour déduire l'apparition du phénomène flutter sous les buses a fente, il faut utiliser des produits de très haute densité, ou bien avec la réalisation des traitements avec une pression importante et un bon réglage de la hauteur de la rampe. Mais la meilleure solution reste toujours la pulvérisation avec l'assistance d'air en jet projeté sur les cultures basses.

3.3.3 Le jet sous la buse à turbulence

Les buses à turbulence comprennent un corps, une hélice qui représente la composante essentielle de la buse, une chambre de turbulence, une pastille à orifice calibre, un filtre et un écrou.

3.3.3.1 le corps

Il est identique à celui de la buse à fente, sauf dans la partie de l'emplacement de l'hélice, et la chambre de turbulence.

3.3.3.2 le filtre

Le filtre est un disque à surface filtrante, en couronne circulaire, sa surface circulaire délimitée par le petit diamètre de la couronne inférieure constitue la paroi supérieure de la chambre à turbulence

3.3.3.3 L'Hélice

Selon **Vincent, 2017** ; L'hélice est la pièce essentielle d'une buse de turbulence, ses caractéristiques géométriques et ses dimensions déterminant en effet la physionomie du jet de la pulvérisation.

En effet, l'hélice d'une buse de turbulence sert à mettre le liquide en rotation avant son arrivé à la chambre de turbulence, donc c'est un élément transformateur d'énergie potentielle en énergie cinétique. Cette transformation est réalisée par exemple au moyen de deux ou trois petits canaux disposés autour d'un corps de l'hélice en forme de spirale à petit pas, l'hélice est alors de type à canaux hélicoïdaux et prend la forme d'un cylindre, dont la face inférieure constitue la paroi de la pastille et de l'écrou. Ce type de l'hélice équipe les buses de pulvérisations agricoles. On le rencontre aussi sur les buses a jet contrôlé dans les petits matériels de traitement.

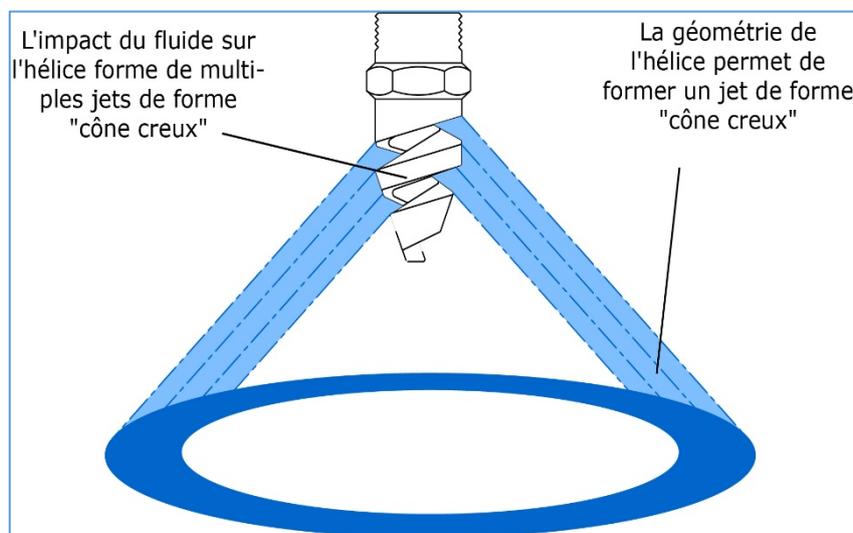


Figure 15 : Impact de la rotation de l'hélice sur la forme de jet. (**Anonyme, 2018**)

L'arrivée du produit liquide à la chambre peut être réalisée de la manière suivante : deux canaux en disque épais suivant un angle de 30° à 45° par rapport au plan du disque, la chambre de turbulence correspond alors à l'épaisseur d'un joint interposé entre la pastille et la base extérieure de l'hélice ; l'hélice dans notre cas est de type réversible.

Les hélices sont généralement en laiton chromé, en rilsan ou en alumine frittée, mais actuellement existe des hélices en plastiques.

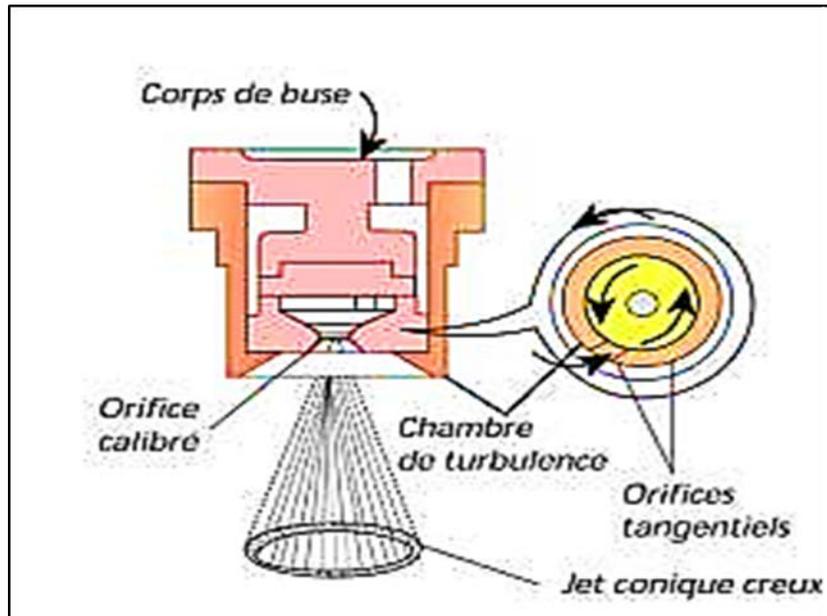


Figure 16 : Principe d'une buse a turbulence. (CEMAGREF, 2017)

3.3.3.4 la chambre de turbulence

Est un vide qui définit le type de buse, elle peut avoir la forme d'un cylindre, elle est associé à l'hélice.

3.3.3.5 les pastilles

Sont interchangeable, c'est des disques portant un orifice calibré dont le diamètre varie de 10/10 mm à 23/10 mm en plus. L'usinage des sections d'écoulement doit être aussi parfait que possible, pour éviter la déformation du spectre de la pulvérisation. Les pastilles en acier inoxydable sont très minces. Mais pour usure est relativement rapide.

3.3.4 La formation du jet

Reyssat et al, 2006, Le fluide est amené tangentiellement à la chambre de turbulence de rayon R par l'orifice de rayon Or perpendiculairement à l'axe vertical de la chambre. Cette amenée tangentielle donne au liquide une vitesse angulaire (est un mouvement de rotation autour de l'axe de l'orifice). Désignons le rayon de l'orifice de l'écoulement par R_0 . Aucune instante donnée de la distance qui sépare un élément du liquide à l'axe de la chambre de turbulence, au niveau de l'orifice de sortie, est égal à r , appelons par V_0 la vitesse initiale du liquide a son entrée à la chambre de turbulence, en point donné la vitesse dans le cas d'un liquide idéale vaut :

$$V = V_0 \frac{R}{r} \dots\dots(1)$$

Ce qui est compatible avec la loi de la conservation des mouvements, la vitesse radiale étant supposée très faible elle peut être négligée. Selon la relation de **BERNOULLI** nous pouvons écrire la relation suivante :

$$H = \frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2g} + \frac{w^2}{2g} \dots\dots\dots(2)$$

H : pression de la pompe.

P : pression statique dans un point de la chambre.

V : vitesse tangentielle d'un élément de fluide

W : vitesse axiale.

d : densité du fluide.

H étant considérée comme constante, lorsque r tend vers zéro, la vitesse **V** tend vers l'infini alors la pression tombée et prend des valeurs négatives, ce qui ne devait pas exister en réalité.

Au regard de ce qui précède, il arrive qu'en un point donné de la chambre de turbulence la pression statique **P** s'abaisse et prend des valeurs inférieures à la pression atmosphérique.

En effet, le fluide s'écoule par l'orifice sous forme d'un anneau d'épaisseur **f= R0-r**.

Ceci a été confirmé plusieurs fois expérimentalement, avec la méthode indirecte de mesure de débit comme d'ailleurs la méthode photographique. (**EL Haitoum, 1985**)

3.3.5 La répartition du liquide de pulvérisation

3.3.5.1 Transport et trajectoire des gouttelettes

Selon **Mercer et Sweatman, 2006** ; L'énergie nécessaire à la pulvérisation et au transport des gouttelettes est directement fournie au liquide sous forme de pression. Cette énergie exprimée en kilogramme mètre (par un litre de liquide) de l'ordre d'**E= 10 H**. (**H** c'est une pression exprimé en bars).

Une partie de cette énergie, dissipée dans la buse, permet de réaliser la fragmentation, le reste est transformé en énergie cinétique, le liquide acquiert donc une certaine vitesse qui change selon la densité du produit. La direction de déplacement du jet et cette vitesse doivent être telle que les gouttelettes puissent atteindre la culture et aient encore une énergie résiduelle suffisante pour pénétrer à l'intérieur de la partie aérienne des cultures.

Plus la pression est importante, plus la vitesse initiale est grande et par conséquent, plus l'énergie cinétique de liquide est élevée malgré la densité du produit. Mais dans ce mode de transport chaque gouttelette est une particularité et son mouvement individuel est régi par les lois balistiques. Dans ce mouvement de particules fines à vitesses relativement grande, la décélération due à la résistance de l'air peut être considérable, d'après les services de **CNEEMA** son expression est intermédiaire entre deux formes suivantes :

$$Y = \frac{KV}{D^2} \text{ et } \frac{KV^2}{D} = Y$$

Cette décélération croît plus vite que la vitesse et plus vite que l'inverse de la dimension des gouttelettes ; lorsque la pression à la buse dépasse une trois bars. La portée et la force de pénétration ne varient plus.

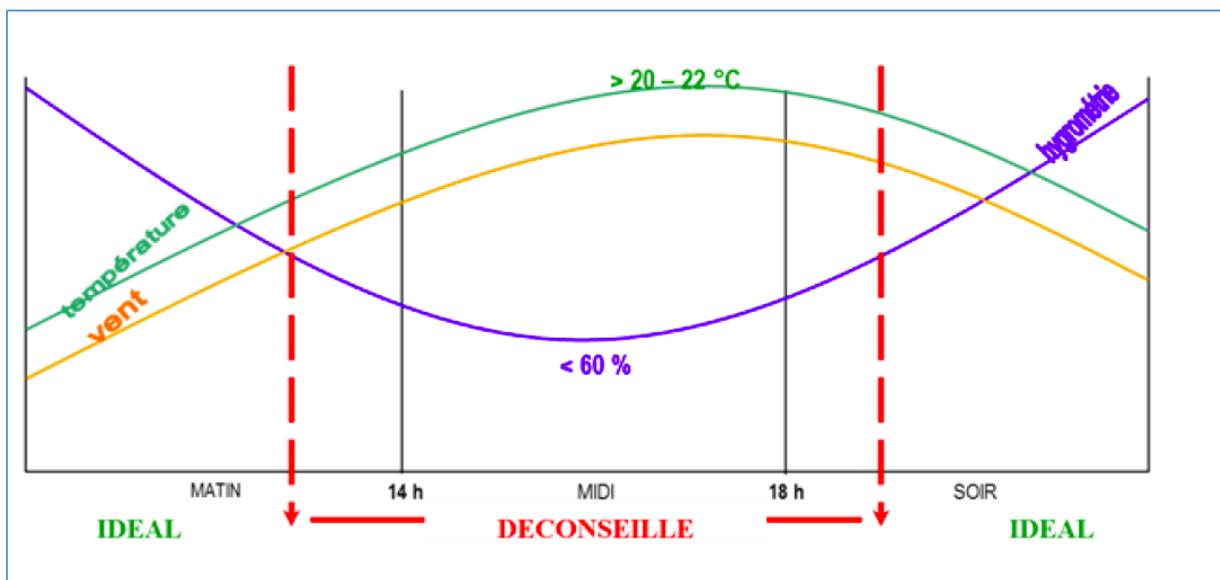


Figure 17 : l'heure de traitement nécessaire pour éviter un lessivage des gouttelettes. (Blondeau ,2017)

Dans leurs mouvement es gouttelettes transmettant de l'énergie a l'air ambiant, elles perdent leur vitesse et l'écoulement devient complexe. Le calcul de la trajectoire ne peut être réalisé à partir des équations du mouvement.

Selon **Coffre, 1978** ; la gouttelette, lors de son déplacement sera soumise aux force suivantes :

- La force de pesanteur.
- La résistance de l'air.
- La tension superficielle.

A ce sujet **Bennet** ; cité par **Marchant, 1977** à considérer que la forme de la gouttelette est sphérique. Il a écrit qu'une gouttelette d'un diamètre de 500 μm , un nombre de **Reynolds** de **1000** représentant une vitesse d'environ 30 m/s, des températures ambiantes.

Par conséquent, la plupart des applications sous forme d'embruns sont comprises dans cette portée. Concernant la trajectoire des gouttelettes **Marchant, 1977**, a représenté un diagramme traduisant la trajectoire des gouttelettes selon leur taille, pour le calcul il a utilisé un modèle d'intégration numérique informatisé appelé l'algorithme et **Lunger Kutta** .

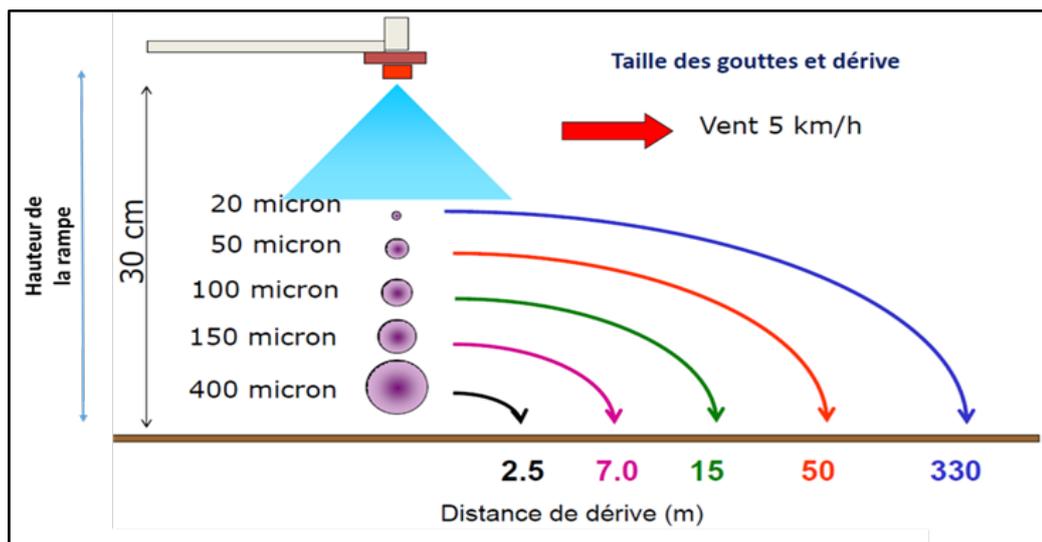


Figure 18 : La trajectoire des gouttelettes selon leur taille. (M. Al Heidary et al ,2014)

3.3.5.2 Influence du vent sur la répartition des gouttelettes

Ce phénomène connu sous « *l'effet drift* » est particulièrement important chez les pulvérisateurs dont le transport des gouttelettes assuré sans courant d'air auxiliaire. Le vent latéral fait dériver les gouttelettes dotées de faible vitesse quand la résistance frontale de l'air

est plus élevée par rapport à la masse des gouttelettes. La résolution de ce problème demeure compliquée due au fait que le calcul de la vitesse et de la trajectoire des gouttelettes est compliquée à cause du changement de régime d'écoulement du liquide (au début tourbillonnaire, au milieu mixte et à la fin billonnaire). Cet air se déplace par l'échange d'énergie entre les gouttelettes et l'air. Plusieurs essais ont été effectués actuellement pour l'évaluation de l'effet du vent sur la dérive des gouttelettes, et beaucoup de solutions ont été proposées pour réduire la dérive. (Thybaud, 1997)

Le vent reste le premier facteur de dérive des gouttelettes des produits phytosanitaires, mais, à quelle distance une gouttelette peut-elle parcourir sous l'effet du vent ? Le graphique suivant (Figure 15) a été généré au moyen du logiciel « Driftsim » mis au point par le département de l'Agriculture des États-Unis. Il illustre la distance qu'une gouttelette de 100 µm (calibre fin) ou de 200 µm (calibre moyen) pulvérisée à 0,5 m et à 1 m du sol, à une pression de 4 bars peut parcourir sous l'effet du vent, à un taux d'humidité de 40 % et à une température de 20 °C. Les gouttelettes inférieures à 100 µm s'évaporent et se transforment en fines particules concentrées (similaires à de la poussière) avant de toucher le sol. Elles parcourent ensuite des distances considérables sous forme de vapeurs. (Holterman et al., 2017)

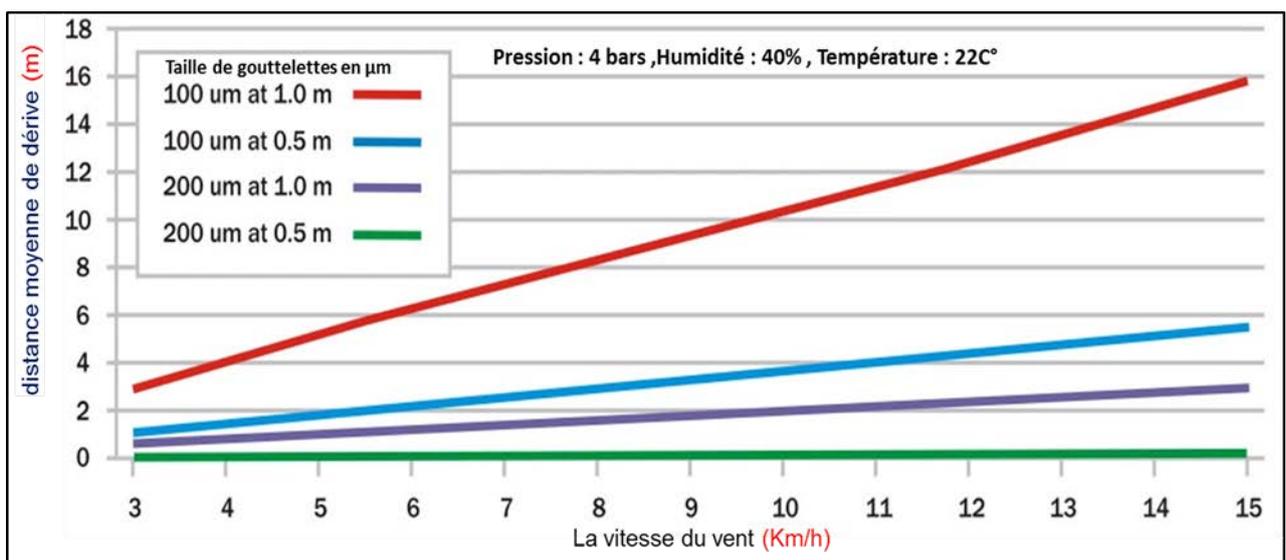


Figure 19 : Distance modélisée de la dérive des gouttelettes de 100 µm et de 200 µm. (Holterman et al., 2017)

3.3.5.3 Influence du facteur de temps lors de chute sur le dessèchement des gouttelettes

La quantité en matière active dans une gouttelette d'un produit phytosanitaire est assez faible notamment pour les produits volatiles comme les organophosphorées sous l'effet de la lumière, lorsque la gouttelette est soumise au dessèchement l'action de la matière active éphémère, inefficaces parce qu'elle aura perdu son support, cela nous amène à trouver d'avantage sur les moyens de sa protection contre le dessèchement, en ci-après est cité un exemple de l'action du temps de chute sur le dessèchement de la gouttelette , le temps est mesuré dans les conditions suivante : température d'air **22C°** et l'humidité relative de l'aire **40%** .

Tableau 1 : Le temps de dessèchement des gouttelettes.

<i>Diamètre de la gouttelette μm</i>	50	100	150	200	250
<i>Temps T de dessèchement s</i>	3	15	25	55	60

(Ozkan, 1991)

D'après **Bouhach, 2017** ; la protection du produit contre le dessèchement suppose l'apport de liquide support ayant le pouvoir de résister à l'évaporation comme les huiles végétales (huile de colza et les huiles de pétrole paraphrénique). Mais selon **MOHAMMEDI et al. 2017** l'utilisation des huiles végétales est meilleure durant le printemps et l'été, par rapport aux huiles de pétrole qui sont très bénéfiques uniquement durant les traitements d'hiver et sur tout par leurs action ovocide.

Il existe aussi, la possibilité d'améliorer les systèmes de pulvérisation de manière à ce que les gouttelettes acquièrent des vitesses importante pour échapper au dessèchement.

3.4 La pulvérisation par jet projeté

La pulvérisation par jet projeté est le procédé actuellement le plus répandu. Le jet projeté constitue le système de pulvérisation le plus simple. Une pression de liquide d'ordre de 4,5 à 1 ,5 bars à l'entrée d'une buse assure la mise en vitesse et la rupture de la nappe qui se forme en sortie. En général, les buses sont constituées d'une hélice qui met le liquide en rotation dans la chambre de turbulence avant d'être éjecté par l'orifice de la pastille calibrée, on parle de buse à turbulence. La fragmentation donne naissance à un nuage de gouttes de différentes tailles et vitesses. C'est l'énergie cinétique, seule, qui permettra aux gouttes d'atteindre leur cible.

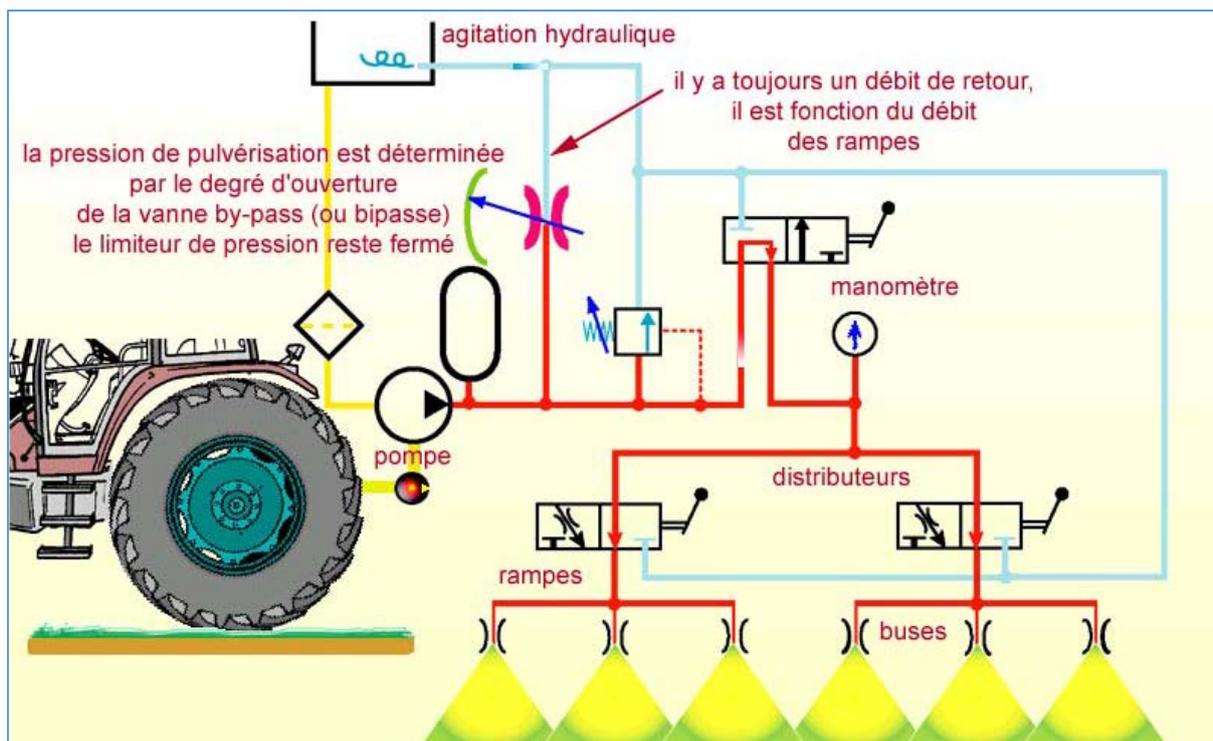


Figure 20 : Principe de fonctionnement du jet projeté. (ABADIA, 2018)

La forme et la composition du spray dépendent à la fois du type de buse utilisé et des caractéristiques physiques de la préparation liquide. Ici, il faut noter qu'un certain nombre de buses ou d'adjuvants sont apparus sur le marché avec pour ambition de limiter le nombre des gouttes les plus fines : ces dispositifs qui permettent de limiter considérablement les phénomènes de dérive peuvent toutefois occasionner des problèmes de surdosages locaux.

Les performances de ce procédé sont bonnes, à très bonnes, à condition de respecter une distance raisonnable entre la buse et la cible à atteindre afin d'avoir un recouvrement suffisant des sprays. (Thomas, 2013)

3.5 La pulvérisation par jet porté

Le jet projeté se révèle limité en matière de pénétration de la végétation à cause de la faible énergie cinétique acquise par les gouttes. Pour pallier ce défaut, les pulvérisateurs à jet porté ont été élaborés. La pulvérisation de la bouillie est obtenue par un système à pression similaire à celui de la catégorie précédente, constitué d'une pompe et de buses à turbulence sauf qu'ici les buses sont disposées dans un flux d'air comme illustré dans la L'assistance d'air permet de guider les sprays en sortie de buse et d'accroître la turbulence du flux afin d'améliorer la pénétration et le dépôt. Elle permet a priori de réduire l'importance des conditions externes (vent notamment) et de faciliter la pénétration dans la végétation. Cependant, cette technique s'accompagne de pertes certaines vers le sol et l'atmosphère.

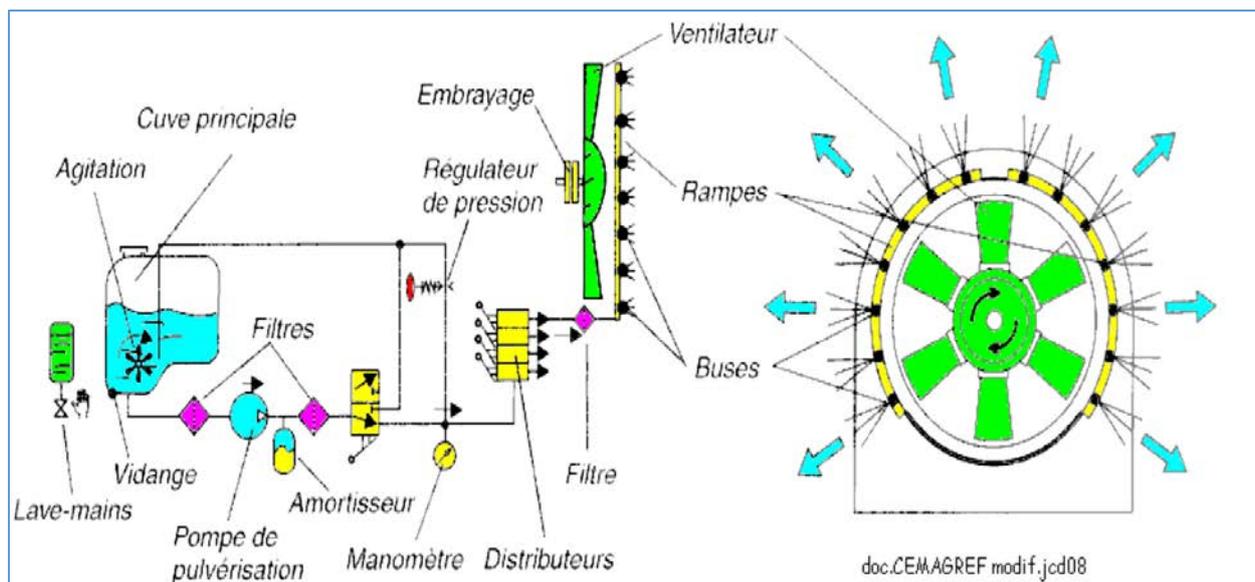


Figure 21 : Principe de fonctionnement d'un pulvérisateur à pression et à jet porté.
(CEMAGREF, 1990)

Les différences de vitesse entre l'air et les gouttes peuvent par ailleurs favoriser l'évaporation. Les pertes de produits dans l'environnement sont ainsi multipliées et plus ou moins importantes suivant la configuration de la végétation. Pour une végétation développée et un appareil bien réglé, on évalue ainsi les pertes dans l'air entre 10% et 20% et les pertes au sol entre 20% et 30%. C'est pourquoi le respect des réglages par rapport à la vitesse d'avancement de la machine, la proximité de la végétation et la pression d'alimentation des buses sont les enjeux de la qualité de l'application. Certains dispositifs de traitement face par face et à très faible distance diminuent ainsi très fortement les pertes. (Thomas, 2013)

3.6 Conclusion

Malgré le développement actuel avec la présence d'une large gamme de produits phytosanitaires adaptés aux différentes conditions climatiques les plus sévères, et l'existence d'une large gamme des produits modificateurs des propriétés physico-chimiques des produits tels que les adjuvants, les diluants, les produits de tension et régulateurs de **pH** ...etc., le jet de pulvérisation avec ces gouttelettes émises de type de la buse que ce soit à fente classique, ou à turbulence n'ont pas toutes les mêmes dimensions. Elles restent généralement liées essentiellement aux caractéristiques géométriques et dimensionnelles de la buse, aux propriétés physique du liquide ainsi qu'aux paramètres de fonctionnement issues de buse de turbulence.

En guise de conclusion, les buses à fentes et les buses à turbulences sont des buses conventionnelles pour les traitements phytosanitaires, avec ces derniers et quel que soit le type de réglage et la nature du produit, on ne pourra jamais avoir une répartition parfaite des gouttelettes sur les étages des feuilles.

Ces deux types de buses posent des problèmes liés à l'hétérogénéité de taille des gouttelettes et la dérive, cela nous pousse à axer la recherche sur de nouvelles générations de buses telles que les buses à assistance de l'air, et les nouveaux systèmes de pulvérisation localisés.

Chapitre 4 : Les techniques modernes de pulvérisations agricole

Chapitre 4 : Les techniques modernes de pulvérisations agricole

4.1 Introduction

Les traitements phytosanitaires se sont développés rapidement à partir de la fin de la seconde guerre mondiale. Dans le contexte d'une recherche d'autosuffisance alimentaire, la majorité des pays industrialisés, ont cherché à augmenter les rendements des cultures et à diminuer les risques liés aux aléas climatiques ou aux attaques de parasites. **(Carole, 2006)**

Le secteur de l'agrochimie et des agroéquipements s'est ainsi rapidement développé et a mis en place d'importants moyens de recherche et de développement. Les molécules proposées pour les traitements se sont ainsi rapidement multipliées et diversifiées. Actuellement, une moyenne de **100 000** tonnes par an de produits phytosanitaires est consommée dans chaque pays d'Europe. Ces produits sont essentiellement des herbicides, des insecticides (et acaricides) ou des antifongiques. **(Lardoux, 2002)**

Les deux dernières décennies, ont connu une introduction des nouvelles générations de buses, des nouvelles conceptions de rampes de jet projeté sur les cultures maraichères et sur les céréales, et des nouveaux systèmes de jet porté pour les traitements des vergers en arboriculture fruitière et sur la viticulture . **(Poissonnet, 2016)**

4.2 Nouveautés des conceptions des buses de pulvérisation

4.2.1 Les buses injection d'air

Les buses à injection d'air ou les Buses à fente à aspiration d'air, est une nouvelle génération de buses qui remplace les buses à fente, son principe de fonctionnement repose sur le principe de Venturi, L'air est aspiré et mélangé à la bouillie de pulvérisation pour augmenter la vitesse du liquide et pour former un spectre de taille des gouttes très hétérogène dû à la formation de gouttes remplies d'air.**(Syngenta, 2018)**

Pour les buses conventionnelles, on utilise généralement une pression avoisinant les **4,5 bars**, mais la pression de travail au niveau des buses a injection d'air s'élève à **(8 bars)**, donc une vitesse très élevée des gouttes pour une limitation importante de la dérive. **(Benjamin, et Damien, 2016)**

Selon les mêmes auteurs, la production des gouttes avec l'injection d'air, est plus volumineuse, donc le débit est supérieure à celui des buses à fente, mais avec un intérêt de limiter la dérive tout en maintenant l'efficacité des traitements notamment avec les produits systémiques.

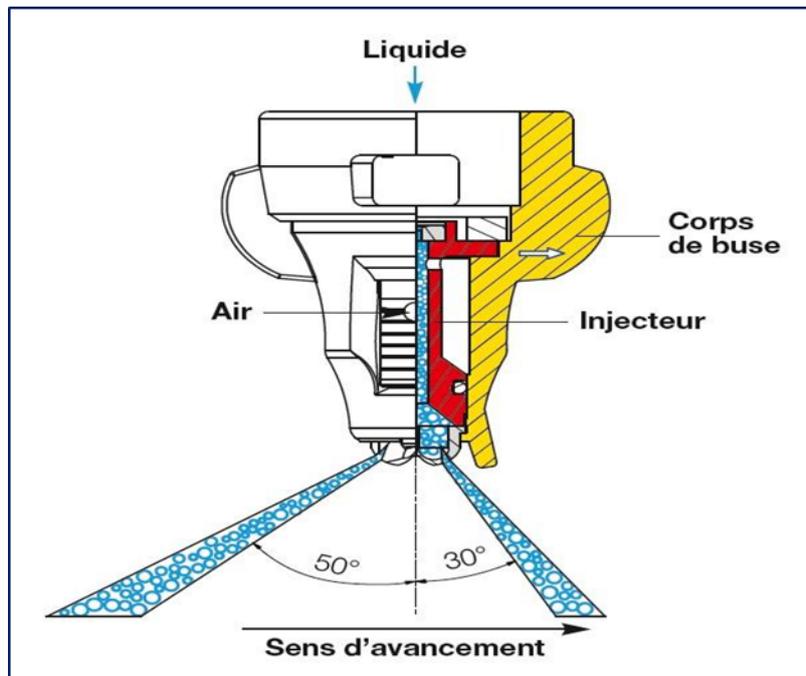


Figure 22 : Vue en coupe d'une buse à injection d'air. (Syngenta, 2018)

Depuis le **21 septembre 2017**, les applications des herbicides à action systémique des céréales, doivent être réalisées avec un dispositif homologué pour limiter la dérive. Cette obligation a pour objectif de limiter le risque de dérive de pulvérisation hors des cultures-cibles, tout en permettant d'utiliser ces herbicides dans les meilleures conditions et de façon durable. Un des dispositifs reconnus par de nombreux agriculteurs, et facile d'accès, est la buse à injection d'air. (ISO 22369)

Donc les buses à injection d'air sont destinées uniquement en traitement d'herbicide contre les adventices des cultures. Et pour d'autres produits systémiques tels que les insecticides et les fongicides de préférence l'utilisation des buses à fente pour avoir une petite taille de gouttelette et une bonne qualité de traitement.

Une étude de comparaison entre les performances de deux buses (buse classique à fente de basse pression (XR Teejet) Avec une buse à injection d'air à basse pression de type (CVI,Albuz) dans trois volumes de bouille (40 l/ha ,80l/ha et 120l/ha) réalisée de 2013 à 2015 par Benjamin , et Damien, a montré que le volume de la bouille n'influe pas sur l'efficacité de protection (figure, 23).

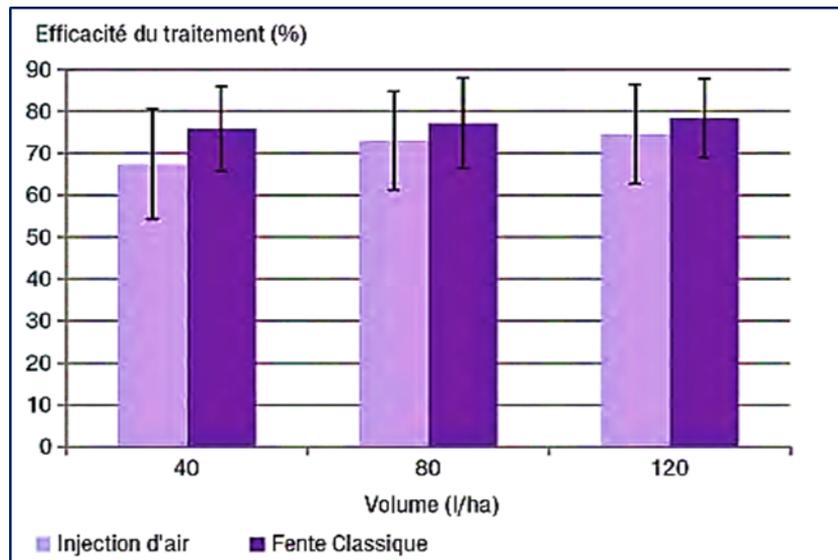


Figure 23 : Différence d'efficacité du traitement selon le volume de bouille et le type de buse.

Les mêmes résultats montrent que le volume peut même être réduit quel que soit le type de buse utilisé.

Une légère baisse d'efficacité avec la buse à injection d'air, par rapport à la buse à fente classique, a été observée (5% de moins en moyenne). Cependant, cette différence n'impacte pas le rendement (**Figure, 24**). Il est donc possible d'affirmer que la production des gouttes plus volumineuses, par l'utilisation d'une buse à injection d'air, ne nuit pas à la productivité globale.

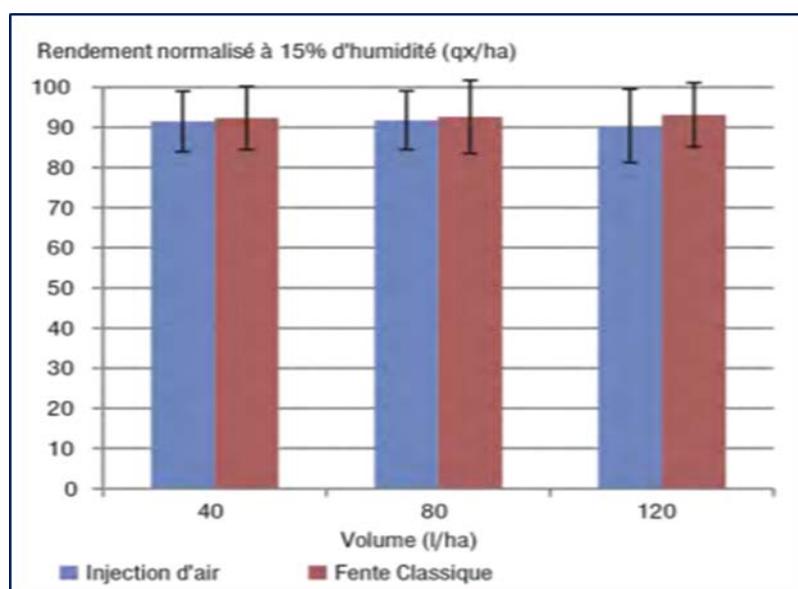


Figure 24 : Rendement du blé tendre en fonction du volume de bouille et du type de buse.

4.2.2 Les buses a pulsation PWM

Les buses a pulsation est la dernière génération des buses utilisées en agriculture ou bien nommées **PWM** pour Pulse Width Modulation. Après des applications dans l'industrie, les buses à pulsation électrique font leur apparition sur les pulvérisateurs à l'initiative de plusieurs constructeurs (John Deere, Raven, Teejet...). Intégrant un ou plusieurs solénoïdes, la technologie permet de s'affranchir de la relation entre vitesse, débit et pression. Autrement dit, on peut passer de **0 à 30 km/h** à dose constante. (JOHN, 2018)

Avec cette nouvelle génération de buse, on peut aussi modifier la dose à vitesse constante et on peut enfin jouer sur la pression de travail, en bordure de parcelle par exemple, pour limiter les risques de dérive, et pour réduire le volume de la bouille par hectare. Le tout sans sacrifier la qualité d'application, faut-il le préciser. Outre la coupure buse à buse, plus fine qu'une coupure de tronçon, la technologie **PWM** permet également de gérer les phénomènes de recouvrement dans les courbes. Une gestion individuelle qui ouvre à la voie à la modulation buse à buse. (API, 2017)

4.2.2.1 Le principe de fonctionnement

Un solénoïde (*fil électrique enroulé en bobine*) monté sur chaque porte- buse, contrôle l'ouverture et la fermeture des buses **PWM** selon une fréquence stabilisée. Le système maintient ainsi une pression constante. Le solénoïde du constructeur Raven industries fonctionne à **10 Hz** : la buse s'ouvre et se ferme **10** fois par seconde .il gère également la durée d'ouverture de la buse au sein de ce cycle de « **On/Off** ».

En pratique, l'agriculture renseigne la taille des gouttes et le débit (volume/ha) désirés. Un logiciel détermine ensuite la pression à la buse correspondant à la taille des gouttes choisie. Puis, le débit est réglé en modifiant le *duty cycle*. (CUMA, 2018)

4.2.2.2 les types de buse a pulsation

Sur le marché existe deux grands constructeurs de ce genre de buse **PWM**, Teejet (système Dyanjet) et **Raven industris** (système Hawkeye).

Les deux systèmes ont les mêmes objectifs mais sont sensiblement différents. Le système de Teejet fonctionne en **20Hz** soit une fréquence double de du Hawkeye. Il peut s'installer sur la régulation de n'importe quel pulvérisateur existant.

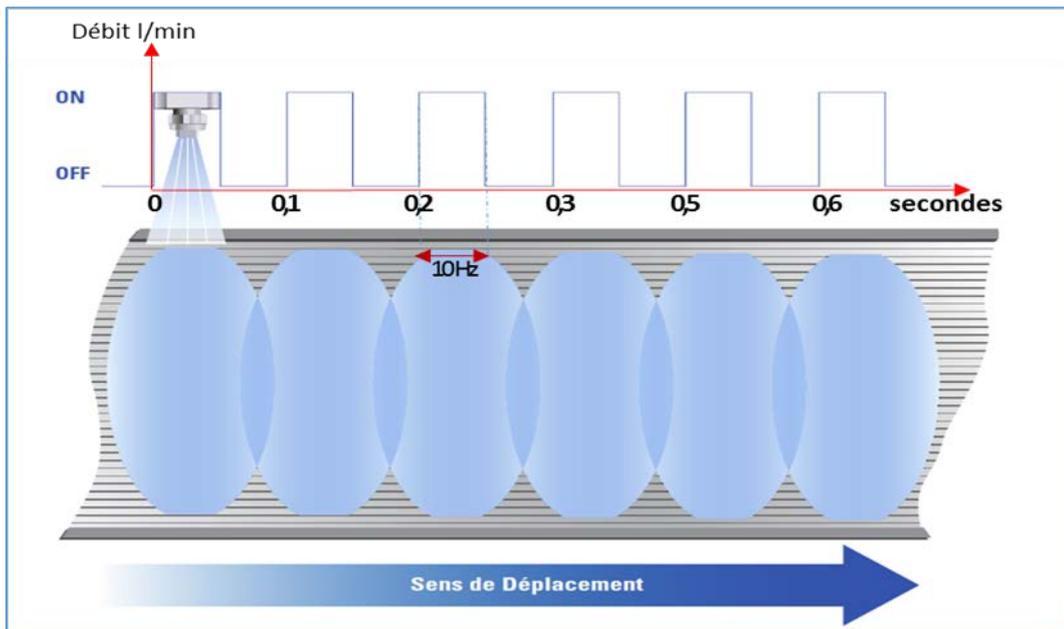


Figure 25 : Volume par hectare distribué par un système **PWM** fonctionnant en 10Hz avec **duty cycle** de 80%.

La **figure 25** représente une empreinte de jet de pulvérisation à **80 % de duty cycle** c'est-à-dire **80%** de temps d'ouverture de la buse, cette buse est montée sur rampe de jet projeté fonctionnant à haute fréquence génère une couverture croisée sur la cible.

Selon **Raphaël, 2018**, le système de pulvérisation **PWM** offre de nombreux avantages :

- Le débit peut être modifié instantanément.
- Très large variation de débit sans modification de la pression du liquide.
- La taille de gouttes et l'angle de pulvérisation restent constants.
- La couverture est plus constante et uniforme sur une large plage de débits.
- Des débits relativement faibles peuvent être générés, sans risque de bouchage.
- Le brouillard dû à la pulvérisation est minimisé.
- La consommation de produits phytosanitaire peut être réduite

Selon **Benjamin, 2018** ; l'objectif des buses PWM est d'appliquer la bonne dose au bon endroit, là où on en a besoin et seulement ce dont on a besoin. Au-delà des enjeux économiques et environnementaux évidents, ces nouvelles technologies permettent d'améliorer les conditions de travail des utilisateurs. Elles garantissent un réel confort de travail et une tranquillité d'esprit.

4.2.3 Des buses avec capteur de fluorescence PWF

Pour reconnaître les plantes ciblées, le pulvérisateur traîné équipé des buses qui sont doté de **capteurs de fluorescence**. Ces capteurs reconnaissent la chlorophylle et sont donc en mesure de différencier les plantes vertes du sol nu. Chaque capteur visualise 4 bandes de 25 cm. A raison d'un capteur tous les mètres sur la rampe, toute la superficie du champ est analysée. La précision lors de l'application des produits de protection phytosanitaire est donc très élevée. (AMAZONE, 2018)

Lorsqu'un capteur détecte une plante verte, la buse correspondante est activée et désactivée au centimètre près, même à des vitesses de **20 km/h** ou de nuit. En plus des capteurs bénéficie d'une technique de buse spéciale qui peut être pilotée avec une précision maximale. En une fraction de seconde, ces buses peuvent s'ouvrir et se fermer, seule la zone de mauvaises herbes est donc traitée avec le produit phytosanitaire.

Cette buse travaille selon le principe de modulation de la fréquence et de la largeur d'impulsion (**PWFM**). Une vanne régule sur la plage haute fréquence jusqu'à **50 Hz** (50 coupures par seconde) le rapport entre la buse fermée et ouverte (largeur d'impulsion). A la différence du niveau de technique précédent, il est aussi possible de modifier l'écart temporel de la coupure (fréquence d'impulsion). En combinant les modifications de la largeur d'impulsion et de la fréquence d'impulsion, le système est en mesure de varier sur chaque buse le débit entre **30 et 100 %** ou de couper chaque buse individuellement. La pression de pulvérisation et donc la taille des gouttelettes restent toujours constantes avec cette régulation **PWFM**.

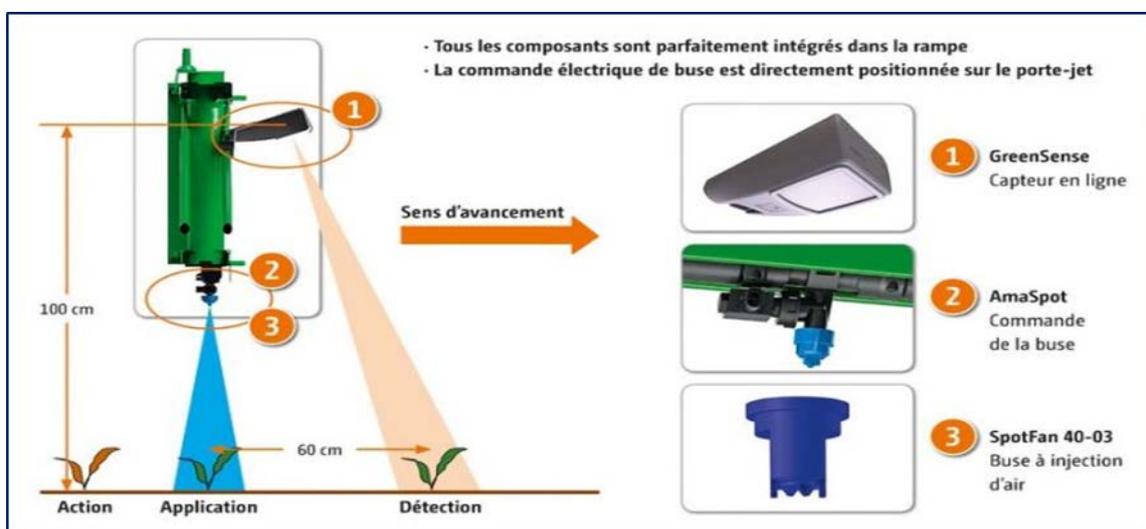


Figure 26 : Principe de fonctionnement d'une Buse PWF. (AMAZONE, 2018)

4.3 Nouveautés sur la stabilité des rampes a jet projeté

C'est la nouvelle génération des rampes qui sont beaucoup plus stable, avec un écartement réduit entre les buses. Pour les rampes conventionnelle l'écartement entre deux est de **50 cm**, et pour les rampes moderne est de **25 cm**, un écartement qui permet de d'abaisser par deux la hauteur de la rampe et d'envisager des réductions de dérive.

Selon **Damien ,2016** ; les avantages ne sont pas si évidents qu'il n'y parait, A volume /ha constant, diviser par deux l'écartement nécessite de diviser par deux le calibre des buses. Il en résulte la production de gouttes plus petites et plus sensibles à la dérive.

Selon le même auteur ; c'est un match entre « hauteur de la rampe » contre « calibre des buses » qui se met en place et dont le score n'est pas prévisible.

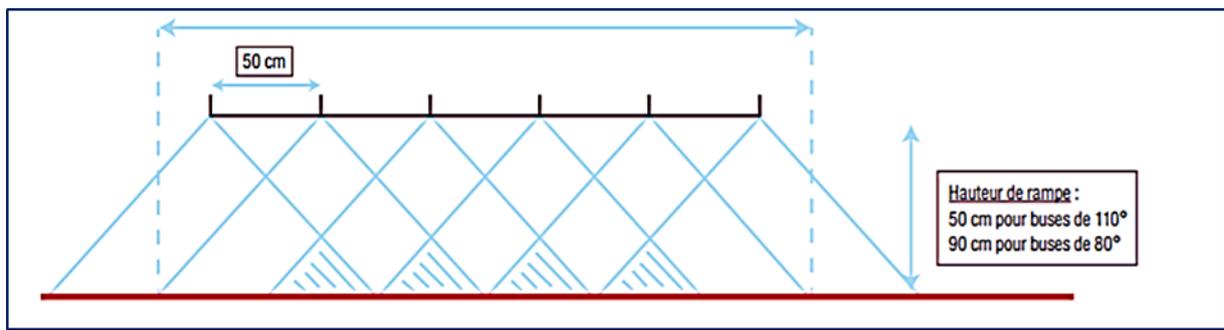


Figure 27 : Schéma de pulvérisation ou la hauteur à la cible est ajustée pour obtenir un triple recouvrement en fonction de l'angle de pulvérisation.

La réduction de l'écartement à **25cm** n'est intéressante pour limiter la dérive que si l'utilisateur est capable d'ajuster la hauteur de son matériel par rapport à la cible. Ainsi la rampe devra être dotée d'autant de capteurs à ultrasons que nécessaire pour maîtriser la stabilité. Cela passe en simultanée par un contrôle du dévers, de la géométrie variable et de la hauteur de la rampe.

Les vitesses de travail étant de plus en plus grandes, des systèmes d'anticipation d'obstacles sont également à prévoir.

Autre frein à la réduction des écartements, les risques de bouchages trouvent accrues. La diminution du calibre des buses les rendent plus sensibles à ce phénomène. Il sera donc conseillé d'utiliser des buses de **80°**, moins sensible au bouchage que les buses de **110°**. Les plus petits calibres utilisables en grandes cultures sont les buses vertes (calibre **015 ISO**). L'utilisation de calibres inférieurs à ceux-ci conduit à de trop fort risque de bouchage.

A **10 Km/h**, et **1,5 bar** de pression, une rampe équipée de buses vertes à **25 cm** d'écartement pulvérise un volume de de bouille de **100 l/ha**. Pour réduire le volume et passer à **50 l/ha**. Il faudrait rouler deux fois plus vite. Le risque de perte de stabilité de la rampe est alors accru et pèse sur le taux de dérive. D'où là encore, la nécessité d'un équipement efficace pour garantir la stabilité de la rampe. Toutes ces avancées technologiques continueront de se développer dans les années à venir mais elles ont aussi un coût. Il est pour le moment difficile pour chiffrer le retour sur investissement.

4.4 Conclusion

Les techniques et les matériels d'application des produits phytosanitaires doivent s'adapter aussi d'une part aux cibles, qui peuvent être physiquement très différentes, et d'autre part aux modes d'action des molécules. Dans certains cas, le liquide doit pénétrer dans le sol (herbicides en pré-levée), d'autres fois il doit atteindre les feuilles et plus spécifiquement leur face intérieure (fongicides de contact) ou d'autres organes de la plante (fruits, épis), dans d'autres cas encore, ce sont des animaux mobiles (acariens, larves) ou fixes (Œufs, formes enkystées) qui sont visés. Pour les produits systémiques, l'objectif du traitement est simplement d'obtenir une concentration efficace dans la plante car les molécules sont véhiculées par la sève ; c'est aussi le cas des produits destinés à être ingérés par des animaux mobiles. Dans les autres cas, les produits agissent par contact direct et il est alors nécessaire de réaliser une barrière continue visant à recouvrir de manière uniforme toutes les parties à traiter. Quelle que soit la molécule et son mode d'action, il faut aussi veiller à ce qu'elle n'atteigne pas des cibles pour lesquelles elle serait toxique ; ce point concerne la faune auxiliaire et de manière plus large l'écosystème dans lequel se développe la culture à protéger.

Grace aux nouvelles technologies utilisées en traitement phytosanitaire comme des Systèmes d'Information Géographiques (**SIG**), des **GPS**, des ordinateurs de poche etc. il serait possible de pratiquer l'agriculture de précision et l'agriculture biologique avec des traitements localisés et économique on utilisant des produits à bases des huiles essentielles.



PARTIE EXPERIMENTALE

Introduction et objectif de l'expérimentation

Introduction et objectif de l'expérimentation

A l'échelle mondiale, les pertes en production agricole causées par les parasites et les ravageurs s'élèvent à 40%. La quantité de pesticides appliquée chaque année est estimée à plus de 4 millions de tonnes. La part de cette quantité qui entre en contact avec les organismes indésirables est très faible, la plupart des chercheurs l'évaluent à moins de 1 %. L'efficacité d'application des pesticides est très faible et reste tributaire des techniques adoptées pour la diffusion de la bouillie sur la cible, plus précisément de l'état et des performances des pulvérisateurs agricoles utilisés. En 1984, à l'initiative de Pierre Robert à l'université de Minneapolis (MN-USA), une réflexion scientifique a été menée par les principaux acteurs du domaine sur l'agriculture du XXI^{ème} siècle. Le terme "agriculture de précision" fait alors son apparition, sa définition est axée sur une meilleure gestion spatiale des intrants selon la variabilité intra parcellaire tout en conservant les objectifs économiques.

Cependant les attentes sociales en termes d'environnement ont fait que ce concept a dû évoluer en se focalisant sur une meilleure gestion de l'environnement. Cette notion de modulation des apports sur la parcelle cultivée devient réalisable grâce à la possibilité d'utiliser des nouvelles technologies telles que l'imagerie, l'électronique embarquée et l'informatique ouvrant ainsi de nouveaux axes de recherche. Cependant, D'énormes progrès technologiques réalisés sur le matériel de pulvérisation agricole ont abouti à des niveaux d'efficacité d'application des pesticides très élevés dans les pays développés. Par ailleurs, cette efficacité reste faible en Algérie pour des raisons techniques et économiques d'adoption et/ou d'adaptation des nouvelles technologies.

La rentabilité des traitements en pesticides ou fertilisants nécessite un choix judicieux du type de produits (marque, l'origine, dose ...etc.) et le matériel d'application (la marque du pulvérisateur, les buses, la pression ...etc.) appropriés à leurs mode d'action.

A ce sujet, devant la diversité des produits phytosanitaire présents sur marché algériens, leurs modes d'action, les moyens de lutte, les maladies et les ravageurs, et dans un souci économique et environnemental, il devient nécessaire de choisir le bon produit à appliquer au bon moment tout en recherchant une répartition du produit continue et homogène avec moins des fines gouttelettes, et de grosses gouttelettes pour éviter la pertes.

Ces dernières doivent atteindre toutes les parties et les composantes de la plante menacée par les maladies et ravageurs. Ceci dit la répartition transversale du jet projeté sous une buse à fente, ou buse à PWM est pratiquement influencée par les caractéristiques et les

dimensions de la buse, et les propriétés physiques du produit phytosanitaire, et les paramètres de fonctionnement de la machine de pulvérisation.

C'est dans ce contexte que nous avons voulu apporter notre contribution en s'intéressant à l'étude sur de la pulvérisation agricole en Algérie sous deux aspects qualitatif et quantitatif.

La partie expérimentale de notre travail de thèse s'articule autour de trois grands axes ou parties :

1. **La première partie** : une enquête sur l'utilisation des herbicides à base de glyphosate dans sept wilayas (Blida, Alger, Boumedès, Tipaza, Bouira, Tizi-Ouzou et Sétif).
2. **La deuxième partie** : Une expérimentation sur un verger arboricole, et sur terrain de la périculture, avec un objectif de tester l'efficacité de la pulvérisation des Trois produits d'insecticide acaricide, avec une méthode de jet projetée sur le ravageur psylle de poirier (*Cacopsylla pyri*), en pleine période de production. Cette expérimentation vise à déterminer le meilleur produit avec la meilleure dose pour la lutte contre ce ravageur, aussi, le meilleur moment d'intervention préventif contre ce ravageur, et le meilleur produit curatif contre le psylle de poirier, Les insecticides sont pulvérisés à l'aide de la rampe pneumatique à jet projeté fabriqué par nos soins en **2008**, le test de la répartition transversales des gouttes selon les normes **ISO 22369**. La conception et la fabrication de la rampe a été effectuée au niveau du laboratoire du machinisme agricole de l'**ENSA**.
3. **La troisième partie** : cette partie vise à apporter certaines solutions pour la maîtrise de la technologie **PMW** afin qu'elle soit plus simple d'utilisation par une large gamme d'agriculteurs Algérien.

Chapitre 5 : Analyse des résultats d'enquête sur l'utilisation des herbicides à base de glyphosate dans sept wilayas d'Algérie

Chapitre 5 : Analyse des résultats d'enquête sur l'utilisation des herbicides à base de glyphosate dans sept wilayas d'Algérie

5.1 Introduction

Les herbicides à base de glyphosate sont les plus utilisés à l'échelle mondiale, et aussi les plus utilisés en Algérie par nos agriculteurs avec une quantité moyenne de **550 tonne /an**. Ils sont considérés comme un moyen efficace de lutte contre les mauvaises herbes, même les plus vivaces.

L'utilisation de désherbant à base de glyphosate s'est généralisée dans le monde du fait des multiples avantages présentés par cette substance active, pour lutter contre les adventices présents dans une large gamme de rotation de culture, comme les céréales, les cultures maraichères, arboricultures, dans les jardins...etc.

L'application du glyphosate permet d'avoir moins recours au labour, qui est très consommateur d'énergie et de matériels. De plus, elle favorise plus le développement des techniques de travail minimum du sol, qui a permis un gain de temps pour la mise en place des cultures et la réduction des charges de production.

Les agriculteurs algériens, principalement en raison de leur faible niveau d'instruction, connaissant mal la toxicité réelle des pesticides, notamment la glyphosate et leur mode d'utilisation ou bien par manque de sensibilisation et la vulgarisation.

C'est dans ce contexte qu'on a tenté d'étudier l'ampleur de l'utilisation des herbicides à base de glyphosate dans sept wilayas algérienne (Blida, Tipaza, Alger, Boumerdès, Bouira, Tizi-Ouzou et Sétif).

5.3 Présentation des zones d'études

Les wilayas (Blida, Tipaza, Alger, Boumerdès, Bouira, Tizi-Ouzou et Sétif) ont fait l'objet de visite sur terrain durant les périodes de forte utilisation d'herbicides par les agriculteurs.

- a) **La wilaya de Blida** : l'agriculture reste la vocation essentielle de cette wilaya notamment l'agrumiculture sur la plaine de la Mitidja et ses terres très fertiles, avec une superficie utile SAU de **56 500** hectare, la moitié de cette surface est irriguée, la principale vocation selon **ANDI, 2015** ; l'arboriculture, suivie par les céréales, les cultures maraichères et la vigne.

- b) La wilaya d'Alger :** c'est une wilaya agricole, notamment dans la région côtière de l'est et de l'ouest, caractérisée par une superficie agricole utile de **35.726 ha** dont **38,71%** irriguée de **13.832 ha**, les principaux produits agricole sont les Céréales (Blé Dur, Blé Tendre, Orge, Avoine, Plastique, Agrume, Arboriculture et Oliviers). (ANDI., 2015)
- c) La wilaya de Tipaza :** Les terres agricoles : Le secteur de l'agriculture occupe une place importante dans la vie économique de la Wilaya, la superficie agricole utile est de **64.311 ha** et **15.311 ha** de terres irrigués, soit **23.81 %** par rapport à la SAU. Les cultures pratiquées sur les terres de la wilaya varient selon la nature du sol. Elles sont dominées par les cultures suivantes : Céréales, Maraichages, Arboriculture, Viticulture, Légumes secs, et la plastique (ANDI., 2015).
- d) La wilaya de Boumerdès :** La wilaya dispose d'un potentiel agricole d'une grande valeur dont l'essentiel est située dans la vallée du bas Isser, la plaine du Sabaou et le périmètre du Hamiz (plaine de la Mitidja Est). La wilaya est classée en zone une (1) à fortes potentialités agricoles. La Superficie Agricole Utile (SAU) est de **65 738 ha**. La Superficie Agricole Irriguée est de l'ordre de **12 200 ha**. Les principaux produits agricoles sont : Maraîchage, Arboriculture et viticulture et Céréales. (ANDI., 2015).
- e) La wilaya de Tizi-Ouzou :** La surface agricole utile (SAU) de la wilaya estimée à **98 842 ha** demeure très réduite, l'agriculture se caractérise par :
- La dominance des cultures annuelles (céréales) sur terrains plaines et arboriculture fruitière rustique sur terrains en pente ;
 - L'augmentation et l'amélioration du potentiel productif viticole et arboricole particulièrement l'oléiculture (ANDI., 2015).
- f) La wilaya de Bouira :** La S.A.U de la wilaya est estimée à **190 060 ha**, dont **11 411 ha (6%)** de superficie irriguée. La wilaya dispose de deux grands périmètres agricoles : à l'Est, le périmètre de M'chedallah: **1.600 ha** et à l'Ouest, le périmètre des Aribis (Ain Bessem): **2.200 ha** La production agricole au niveau de la wilaya est à prédominance céréalière et oléicole. (ANDI., 2015).
- g) La wilaya de Sétif :** Possède un potentiel en sol assez important, une superficie agricole de **360.890** hectares dont **18.499** hectares de terres irriguées. Cette agriculture repose essentiellement sur la céréaliculture de blé dur avec des variétés locales localisée particulièrement dans les hautes plaines où à moindre degré, on retrouve aussi les cultures maraîchères, fourragères. Par contre, l'arboriculture en général, et l'olivier et le figuier en particulier constituent la richesse de la zone montagneuse avec

des méthodes traditionnelles, dans cette wilaya existe une grande superficie destinée aux activités de plasticulture notamment la région de Guéllal. (ANDI., 2015).



Figure 28 : Les wilayas d'études.

5.2 Méthode d'étude

Notre enquêtées a été menée auprès de **250** agriculteurs durant l'année **2015**. Le choix de ces sept wilayas est motivé par la production agricole élevée dans ces zones, la céréaliculture dans la wilaya de sétif , le maraichage dans la wilaya de Bouira et Tipaza , l'arboriculture dans la wilaya de Blida et Tizi Ouzou et la viticulture dans la wilaya de Boumerdès.

Pour atteindre notre objectif, nous avons adopté une démarche, qui consiste à collecter des informations sur l'utilisation du glyphosate par les agriculteurs pour ensuite procéder à la classification des wilayas, le type de culture et le mode de conduite en fonctions des superficies traitées par le glyphosate, afin d'estimer l'utilisation de cet herbicide.

5.4. Résultats et interprétation

Les agriculteurs enquêtés ayant effectivement répondu à notre questionnaire sont au nombre **250** à travers les **7** wilayas prospectés, dont 152 utilisant le glyphosate sur la totalité des parcelles ou partiellement (**tableau, 2**). Les **98** autres agriculteurs utilisent d'autres type d'herbicide (ex : **2-4-D**, ou bien des herbicides sélectifs comme la triflinanine) ou le désherbage mécanique (déchaumage avec des outils a disques ou outils à dents) sur une superficie de 2435 ha (**tableau 3**).

Les plus importantes surfaces se situent dans wilaya de Sétif destinées à la céréaliculture, aussi la wilaya de Bouira, est caractérisée par des grandes surfaces de culture de pomme de terre, et les céréales.

La Mitidja est une région s'étalant sur 5 wilayas, mais avec des petites surfaces, la moyenne des parcelles est d'ordre de 2 à 5 hectares selon **MADRP, 2018**.

Tableau 2 : Superficie des cultures traitée avec le glyphosate.

Wilaya	Type de culture	Mode de conduite	Nombre d'exploitation	Superficie traitée (ha)
Alger	Maraichère	Sous serre	15	65
		Plein champ	8	
	Arboriculture		5	44
	Céréaliculture	Conventionnel	4	17
		Semis direct	0	
Blida	Maraichère		4	66
			5	
	Arboriculture		10	500
	Céréaliculture	Conventionnel	5	200
		Semis direct	0	
Boumerdès	Maraichère		5	30
			5	
	Arboriculture		7	60
	Céréaliculture	Conventionnel	3	80
		Semis direct	0	
Tipaza	Maraichère		3	120
			3	
	Arboriculture		2	60
	Céréaliculture	Conventionnel	2	40
		Semis direct	5	
Tizi ousou	Maraichère		4	15
			6	
	Arboriculture		2	30
	Céréaliculture	Conventionnel	5	25
		Semis direct	0	
Bouira	Maraichère		2	250
			3	
	Arboriculture		3	20
	Céréaliculture	Conventionnel	17	300
		Semis direct	5	
Sétif	Maraichère		3	20

			3	
	Arboriculture		1	40
	Céréaliculture	Conventionnel	5	300
		Semis direct	5	
Total			152	1962

La deuxième partie de l'enquête concernait les agriculteurs qui n'utilisent pas d'herbicide total à base de glyphosate, et le remplace par d'autres produits, et d'autres techniques telles que le déchaumage mécanique.

Tableau 3 : La superficie des cultures non traitées par le glyphosate.

Wilaya	Type de culture	Mode de conduite	Nombre d'exploitation	Superficie traitée (ha)	Herbicide utilisé ou Lutte mécanique
Alger	Maraichère	Sous serre	10	18	AFALON, Goal, Geronimo
		Plein champ	9		Afalon
	Arboriculture	Conventionnel	5	44	Mécanique
	Céréaliculture	Conventionnel	3	17	Cossack
Semis direct		0	Hussar evolution		
Blida	Maraichère	Sous serre	9	66	Linuron
		Plein champ	3		Sencor 70
	Arboriculture	Conventionnel	4	500	Mecéanique
	Céréaliculture	Conventionnel	5	200	Cossack
		Semis direct	0		
Boumerdès	Maraichère	Sous serre	3	30	Afalon
		Plein champ	3		Afalon
	Arboriculture	Conventionnel	2	60	Bomba
	Céréaliculture	Conventionnel	2	80	Cossack
		Semis direct	0		
Tipaza	Maraichère	Sous serre	5	120	Afalon
		Plein champ	3		
	Arboriculture	Conventionnel	3	60	Mecanique
	Céréaliculture	Conventionnel	6	40	Cossack
		Semis direct			
Tizi ousou	Maraichère	Sous serre	1	15	Thriplon
		Plein champ	1		Focus ultra
	Arboriculture	Conventionnel	3	30	Mecanique
	Céréaliculture	Conventionnel	2	25	Cossack
		Semis direct	0		
Bouira	Maraichère	Sous serre	0	250	Afalon
		Plein champ	2		
	Arboriculture	Conventionnel	2	20	Mecanique
	Céréaliculture	Conventionnel	3	300	Cossack
		Semis direct	2		
Sétif	Maraichère	Sous serre	1	40	Afalon

		Plein champ	2		
	Arboriculture	Conventionnel	1	20	Mecanique
	Céréaliculture	Conventionnel	2	500	Cossack
		Semis direct	1		
Total			98	2435	

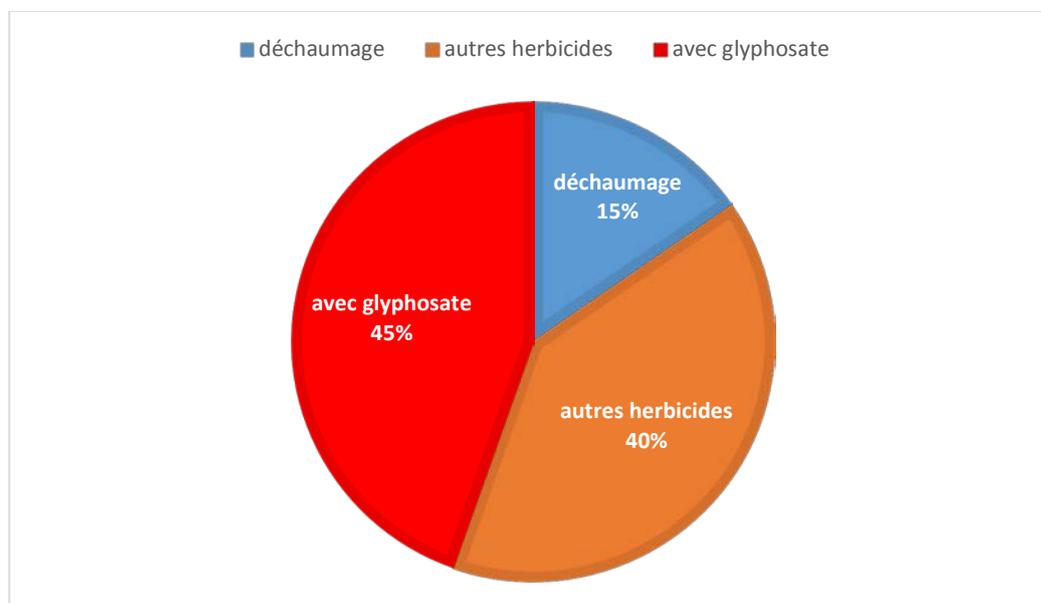


Figure 29 : Représentation du taux d'utilisation du glyphosate par rapport aux autres méthodes de désherbages.

À la lecture des tableaux 3 et 4, nous constatons que la région géographique influe considérablement sur le taux de traitement contre les adventices, est-ce n'est pas le même genre d'adventices traités à la Mitidja qui sont traités en haut plateaux.

Par ailleurs, les résultats obtenus confirment que pratiquement tous nos agriculteurs utilisent les herbicides chimiques comme moyen de lutte contre les adventices des cultures, notamment en culture maraîchères telles que la pomme de terre et les cultures sous serres.

Pour les moments d'intervention contre les adventices, il semble qu'il est identique sur les trois régions géographiques, il s'effectue durant la période d'hiver pour la lutte avec glyphosate contre la plupart des adventices, mais il faut signaler que ce produit ne donne plus de résultats satisfaisant en hauts plateaux, et contre quelques adventices comme le chiendent en région côtière.

On a remarqué aussi que les produits de lutte contre les adventices des céréales des types monocotylédones sont très utilisés en région de production de blé et sur les deux modes de production ; en semis direct et semis conventionnelle.

D'après la figure 23, il ressort que **45 %** des agriculteurs traitent leurs parcelles avec le glyphosate ce qui représente un pourcentage très important. Contre **40 %** utilisant des herbicides sélectifs et de **15%** seulement recours à des moyens mécaniques de déchaumage.

Le tableau suivant représente le taux d'utilisation de la glyphosate par rapport à la surface agricole de chaque wilaya.

Tableau 4 : Pourcentage de l'utilisation du glyphosate par wilaya.

Wilayas	Superficie non traitée %	Superficie traitée %
Alger	14,2	16,3%
Boumerdès	13,9	20,6%
Blida	10,0	7,5%
Tipaza	1,5	4,2%
Sétif	28,2	51,4%
Tizi-Ouzou	10,7	0,0%
Bouira	14,7	0,0%

D'après le tableau ci-dessus, nous remarquons une utilisation du glyphosate très élevée dans la wilaya de Sétif, soit **51,4 %** par rapport à la zone de la Mitidja (Alger, Boumerdes, Tipaza et Blida) soit **48,6 %**. Cela est dû à l'introduction du Semis Direct dans les hautes plaines sétifiennes.

Toutes les produits à base de glyphosate homologuées en Algérie ont une concentration de **480 g/ litre**, donc la dose d'application est de **3 à 5 litre /ha**, (INPV, 2015). Mais les agriculteurs de la région utilisent une dose de **6 à 10 litres / ha**. Les agriculteurs justifient ces doses par l'obligation d'avoir une meilleure lutte contre les adventices.

Pour les wilayas d'Alger, Blida, Boumerdès et Tipaza, on a enregistré une variation dans l'utilisation du glyphosate d'une wilaya à une autre. Les agriculteurs des wilayas de Boumerdès et Alger emploient du glyphosate de manière plus au moins élevé dans le désherbage des cultures soit **20,6 %** et **16,3%** par rapport aux wilayas de Blida et Tipaza qui utilisent respectivement **7,5 %** et **4,2 %** (Figure 30). Cela est dû au fait que les agriculteurs de wilaya de Boumerdès et d'Alger utilisent des intrants jusqu'à **03** fois par an, et c'est une façon exagéré qui favorise le développement des mauvaises herbes.

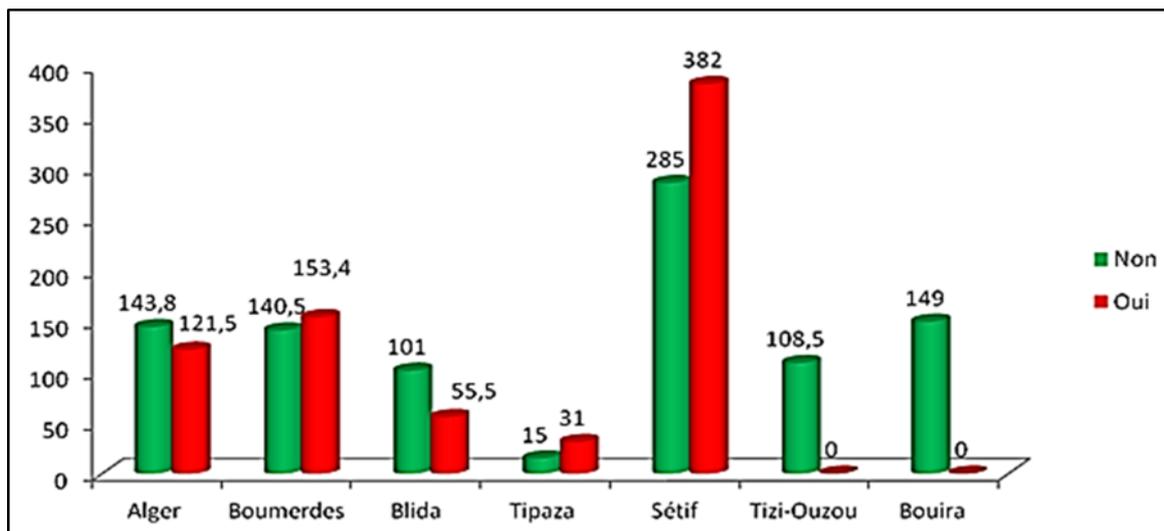


Figure 30 : Représentation des résultats d'utilisation du glyphosate selon les wilayas.

De même, on a noté qu'il y a présence d'un pourcentage non négligeable d'agriculteurs qui n'utilisent pas le glyphosate représenté par les deux (02) wilayas ; Tizi-Ouzou et Bouira, cela est peut être due à l'adoption du labour de fin récolte, ou il y a un retournement de la couche du sol et par conséquent enfouissement des adventices dans le sol et un deuxième ameublissement pré-semis et l'emploi d'herbicides sélectifs en post-levé.

Même pour l'arboriculture de cette région de Kabylie et notamment l'oléiculture, c'est une culture biologiques sans intrants chimiques.

5.4.1 Analyse des données en fonction le type de culture

Le tableau 05 représente le taux d'utilisation des herbicides à base de glyphosate, et d'autres herbicides sélectifs à base d'autres matières actives.

D'une manière générale, les cultures maraichères consomment le plus gros des herbicides en deux types (sélectifs et non sélectifs), ceci est expliqué par le fait que ces cultures sont irriguées, et sont cultivées dans des sols très fertiles, propices au développement des adventices.

Sur la plupart des cultures maraichères le déchaumage mécanique n'est pas possible, sauf dans certaines spéculations telle que la pomme de terre et la tomate avant la formation des fruits, donc la seule solution c'est d'utiliser les herbicides en toutes formes et molécules. Le même problème est soulevé au niveau des grandes cultures comme les céréales, notamment la lutte contre les adventices associés aux céréalicultures comme la moutarde des champs et le ray gras.

Tableau 5 : Pourcentage d'utilisation du glyphosate par culture.

Type de Culture	Superficie non traitée avec le glyphosate %	Superficie traitée avec le glyphosate %
Arboriculture	3,7	19,2%
Céréaliculture	69,3	51,4%
Maraichage	27,0	8,9%
Viticulture	0,0	20,5%

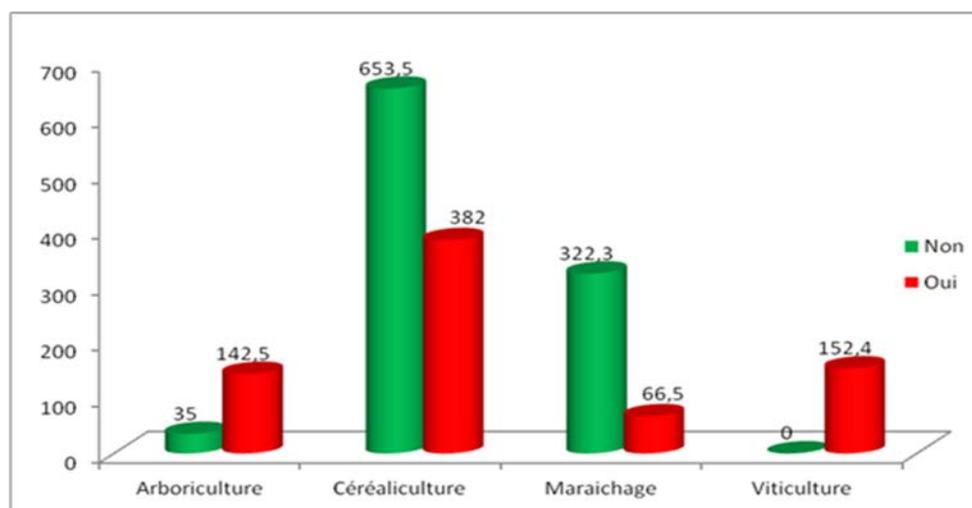


Figure 31 : Utilisation des herbicides selon le type de culture.

La figure 31 nous nous montre clairement qu'en céréaliculture, on utilise beaucoup d'herbicides sélectifs, à cause du semis direct.

Les cultures arboricoles quant à elles nécessitent moins d'intervention avec les herbicides, car elles engendrent des dégâts énormes sur la floraison et notamment l'effet nocifs du glyphosate sur la fertilité des fleurs et sur la pollinisation, la plupart des agriculteurs algériens utilisent les méthodes de lutte mécanique avec les outils à disques entre lignes des verges, et avec la débroussailleuse thermiques entre les arbres.

5.4.2 Analyse des données concernant le mode de conduite

En Algérie, il existe deux à trois méthodes pour la production des céréales, une technique conventionnelle avec le labour profond, et des techniques de conservation comme le semis direct et les TCS (techniques culturales simplifiées). Les techniques de TCS représentent l'avenir de la céréaliculture Algérienne (Amara et al.2007).

D'après le tableau 06 on remarque l'effet du choix de la culture sur le taux d'utilisation des herbicides, sur le même tableau on remarque aussi que les quantités d'herbicides utilisés en semis direct sont supérieures à celles utilisées en technique conventionnelle.

Tableau 6 : Pourcentage de l'utilisation du glyphosate par mode de conduite.

Mode de culture	Superficie traité avec le glyphosate %
Conventionnel	48,6
Semis direct	51,4

Cela est dû au fait que le semis direct repose exclusivement sur une lutte chimique accrue contre les adventices, tandis que le travail classique du sol utilise des charrues à socs ou disques comme moyen efficace pour l'enfouissement des mauvaises herbes et la préparation du sol. Même constat établi pour les herbicides sélectifs.

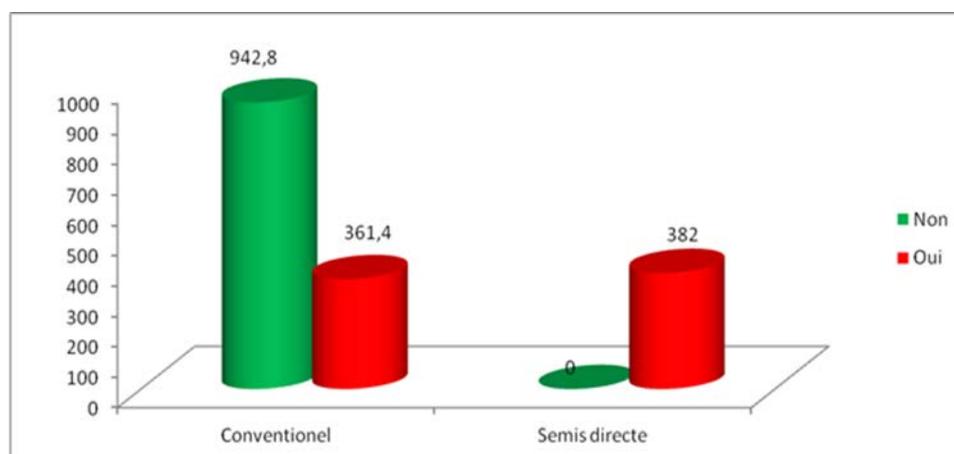


Figure 32 : Représentation descriptive des résultats d'enquête sur le mode de conduite des cultures.

Selon Jérôme, 2016 ; Le semis direct, est une technique qui repose sur la préparation du sol en couvert végétale permanent pendant trois ans au minimum pour la culture des céréales, ce qui favorise le développement de toutes les mauvaises herbes en toutes catégories. Ce qui influence directement sur les méthodes des luttés et sur les quantités et les doses d'herbicides appliqués.

Sur le plan environnemental, il semble que la meilleure méthode de production des céréales en Algérie reste inéluctablement la technique conventionnelle, du moins en Algérie, ou on considère que le semis direct reste inadapté aux sols algériens pour la production des

céréales à cause de la faible quantité de matière organique qui existe sur les sols algériens et qui ne dépasse pas les **1,5 %** dans les meilleurs endroits telle que la Mitidja.

5.5 Discussion

La présente étude nous a permis de mettre en évidence l'utilisation des herbicides et du glyphosate en Algérie, notre travail a porté sur trois volets principaux qui sont :

- L'utilisation du glyphosate dans 7 wilayas sur trois étages climatiques différents.
- Son utilisation dans les différentes spéculations.
- Mode de conduite (conventionnel et semis direct) ;

L'enquête nous a permis de découvrir que la majorité des agriculteurs utilisent l'herbicide à base de glyphosate malgré le manque d'information sur son efficacité et l'usage restreint qui nécessite une technicité de pulvérisation.

D'autre part, nos résultats ont montré que l'utilisation du glyphosate est plus importante dans la wilaya de Sétif en céréaliculture, et dans le mode de conduite semis direct, cette utilisation est motivée par son mode d'action (herbicide total) et les avantages qu'il présente :

- Produit bon marché.
- Gain de temps. (les résultats après 15 jours de traitement).
- Favorise l'utilisation du semis direct.
- Nécessitent peu d'énergie et de matériels pour son pulvérisation.

De même, notre enquête a révélé également que l'utilisation du glyphosate est aussi importante dans d'autres wilayas (Mitidja) dans d'autres cultures ; viticultures, arboricultures, maraichage et dont d'autre mode de conduite ; le conventionnel en raison de l'indisponibilité de quelques matières actives.

En revanche, les résultats de l'enquête ont confirmé l'utilisation d'autres herbicides par les agriculteurs (herbicide sélectif non total comme **2,4 D**, et **TRIFLAN**) et d'autres techniques pour lutter contre les adventices surtout dans le mode conventionnel (labour, hersage, cover crop).

Les applications chimiques à base du glyphosate, constituent les mesures d'aide à une meilleure assurance pour la maîtrise des adventices avant le semis en mode semis direct. Cette intervention réduira notablement le degré de prolifération des mauvaises herbes printanières.

Par contre, l'utilisation du glyphosate en mode conventionnel reste quand même importante, notamment dans la lutte des adventices des bordures, les interlignes et entre les serres pour éliminer les foyers d'insectes ou maladies et pour éviter la concurrence sur la lumière.

Concernant les raisons qui poussent les agricultures à utiliser le glyphosate en semis direct, le gain d'environ de **12.000 da/Ha** par rapport au labour conventionnel.

Tous ces résultats présentent une vision sur le comportement de l'agriculteur vis-à-vis de la lutte contre les adventices des cultures en Algérie.

En effet, l'ampleur de la non utilisation du glyphosate reste à démontrer dans tous les autres wilayas du pays, cependant aussi chez les fournisseurs, il y a possibilité qu'on avance sur ce chantier et ce par le survol des quantités importées par ces derniers, néanmoins la non disponibilité des chiffres d'affaires et les quantités importées et fabriquées en Algérie restent inconnues faute de concurrence et de spéculation.

A noter qu'en Algérie, le manque d'arsenal juridique qui cadre l'utilisation du glyphosate à part entier, il est urgent de signalé ce vide juridique par rapport à d'autres pays ayant une armada de lois qui réglementent son importation, conditionnement, stockage, étiquetage et sa commercialisation, vient par la suite son application, tous les cheminements de formulation de la matière active jusqu'à l'agriculteur est soumis à une autorisation préalable de l'autorité phytosanitaire, ce qui n'est pas le cas pour l'Algérie. L'absence de loi proprement dite au glyphosate engendre une menace à long terme de milieu pédoclimatique qui est vulnérable, notamment sous la pression des pratiques des vendeurs relatives au reconditionnement du glyphosate qui est mis dans des tubes, en plastiques, sans la reproduction des informations contenues dans l'emballage d'origine (nom commercial, matière active, concentration, degré de dangerosité).

De même les emballages vides, sont jetés dans la nature où incinérés, ainsi l'eau issue du lavage des pulvérisateurs est déversée sur le sol, à côté de la source d'eau.

Le non recours, de la majorité, des agriculteurs à l'utilisation des équipements de protection est dû, d'une part, au manque de conscience au véritable danger que représente le glyphosate et, d'autre part, à la cherté de ces tenues sur le marché, et à l'inadaptation des celles proposées, par les vendeurs aux conditions de travail dans les serres par exemple (température élevée)

Les gants en latex et les cache-nez utilisés ne sont pas conçus, spécialement pour les opérations de traitements phytosanitaires. Cet état laisse les agriculteurs en situation de non protection à cause de la durée de vie limitée dans le cas des gants en latex, quelques minutes.

Il y a lieu de signaler que certains agriculteurs utilisent le glyphosate par conformisme. D'autres, n'utilisent pas et évitent l'emploi d'un produit (glyphosate) aussi neuf et qui n'a pas encore montré son utilité et parfois, par manque sur les étals des grainetiers qui procurent le produits aux agriculteurs.

5.6 Conclusion

Les hauts plateaux de Sétif et la zone de Mitidja sont les plus consommatrices du glyphosate, à cause de l'introduction remarquable du semis direct à Sétif et la propagation de la viticulture, arboriculture et maraichage dans la Mitidja.

Cette partie d'étude nous a permis d'avoir un état des lieux complet sur l'utilisation du glyphosate dans sept wilayas agricoles importantes.

Le matériel de pulvérisation reste aussi limitant pour nos agriculteurs, et notamment les propriétaires des petites surfaces, et serre tunnels, et c'est ce qui fera l'objet de prochain chapitre.

**Chapitre 6 : Utilisation
d'une rampe à
pulvérisation pneumatique
pour analyser l'efficacité
de trois insecticides,
avec un jet projeté sur
le psylle de poirier.**

Chapitre 6 : Utilisation d'une rampe à pulvérisation pneumatique pour analyser l'efficacité de trois insecticides, avec un jet projeté sur le psylle de poirier.

6.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons utiliser la rampe conçue en **2008** par **Mohammedi Z** et **Kourgli M**, à l'école nationale supérieure agronomique d'El Harrach.

Deux travaux vont être menés dans ce sens, au cours de cette thèse, en utilisons cette rampe pour traiter contre le psylle du poirier avec le meilleur réglage possible en mode de pulvérisation continue avec une position verticale de la rampe, et en la modifiant en intégrant le système révolutionnaire **PWM** afin de moduler et de contrôler le débit de pulvérisation.

6.2 Présentation du matériel de pulvérisation utilisée

Dans cette partie nous présentons la rampe conçue en 2008, et son évaluation qualitative avec les tests de qualités proposés par les normes **ISO 22866**.

6.2.1 Pulvérisateur pneumatique à dos utilisé

Le pulvérisateur utilisé est de marque **TRIUNFO TA43/52**. Son poids à vide est de **9.5** kg. Son poids en charge **24 kg**.

L'ensemble des caractéristiques technique de l'atomiseur représenté au tableau suivant :

Tableau 7 : caractéristique technique du l'atomiseur à dos TA43/52.

Atomiseur thermique		Moteur		Ventilateur	Cuve
Marque	TRIUNFO	Marque	Honda	Nombre d'ailette 12 Avec une inclinaison de 30° non réglable	Deux cuves
Type	TA43/52	type	Deux temps		2 litre pour combustible
Poids vide	9,5 kg	Combustible	Essence		10 litre pour la Bouille
Poids rempli	24 kg	Puissance	0,5 cv		la pression sur cuve 1,5 bar
Origine	Portugal	Cylindré	42,7 cm3		
		Régime N	2700 tr/min		

(Mohammedi, 2008)

6.2.2 La rampe utilisée

Pour une projection douce des gouttelettes des produits phytosanitaire, et pour ne pas perturber les peuplements des bios agresseurs, on utilise une rampe de pulvérisation conçue par notre soin en 2008, pour l'essai de ces trois produits insecticide sur le psylle de poirier.

Les dimensions techniques de la rampe sont regroupées à la figure suivant :

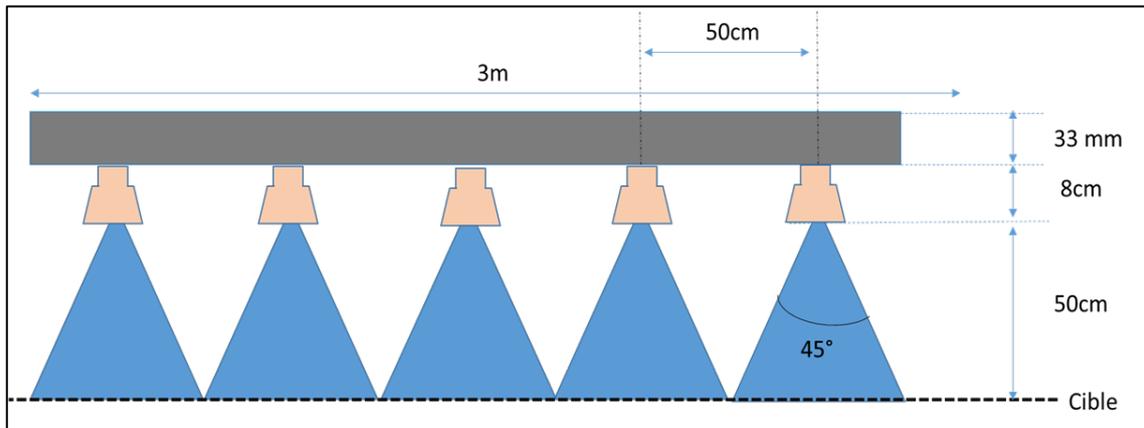


Figure 33 : Rampe a pulvérisation pneumatique. (Mohammedi, 2008)

La composante essentielle de la rampe pneumatique ce n'est pas le support des buses, qui doit être en métal ou en plastique rigide. Mais c'est les buses qui divisent la bouille en fines gouttelettes avec des mécanismes facile, des buses d'un faible cout de fabrication et d'une grande efficacité de division, on a utilisés le principe de venturi.

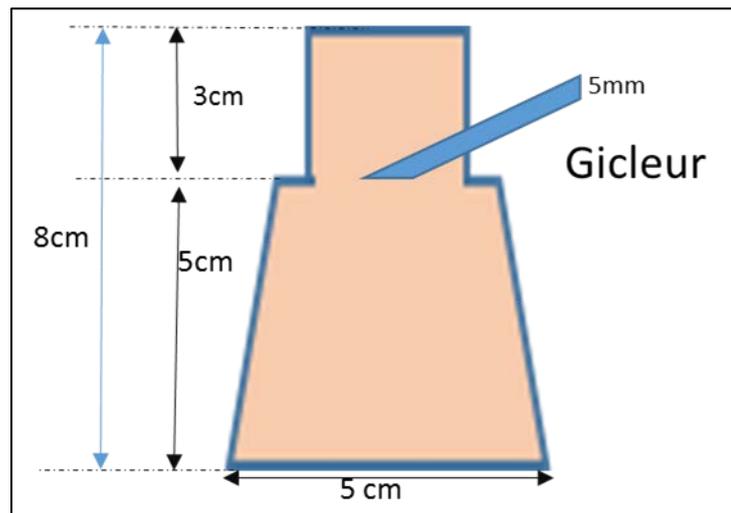


Figure 34 : buse a venturi.

Dans notre rampe est conçue avec un tube de **PVC**, ce genre de matériau est très léger, le degré d'élasticité est de **2410 N/mm²**.

6.2.3 Matériels d'évaluation de taille de gouttelettes

La répartition des gouttelettes des atomiseurs pneumatiques, est aléatoire et hétérogène, car on n'a pas des réglages pour la fixation de la dimension de cette gouttelette, mais dans notre cas sur notre atomiseur thermique, la taille de gouttelette elle dépend de la vitesse de rotation du moteur, de débit liquide et de débit d'air. Donc est nécessaire d'utiliser le matériel suivant pour mesurer les dimensions des gouttelettes.

6.2.3.1 Tachymètre mécanique

Le tachymètre utilisé pour déterminer la vitesse de rotation du moteur de deux temps, qui caractérisé par une grande vitesse de rotation selon le degré de l'accélération.



Figure 35 : Tachymètre mécanique.

On cherche une relation entre la vitesse de rotation du moteur ou ventilateur avec le débit d'air au niveau des buses. Il est intéressant aussi d'utiliser cet instrument pour déterminer aussi les différentes vitesses du moteur sur les trois régimes.

6.2.3.2 Anémomètre

L'anémomètre est un outil de mesure de la vitesse de l'air, ou la pression du vent sur une section connue, selon **Mohammedi, 2008**, le débit d'air Q_a traversant la section S de la buse (le venturi) de l'atomiseur est donné par la relation suivante : $Q_a = V_a * S$

V_a : vitesse de l'air m/s

Q_a : Débit d'air en m^3/s

S : Section de la sortie de buse en m^2

V_a : Vitesse d'air en m/s



Figure 36 : Anémomètre.

Le tableau suivant nous représente l'ensemble de la vitesse de rotation du moteur en tr/minute avec le débit d'air qui correspond chaque régime.

Tableau 8 : Débit d'air en fonction de la vitesse de rotation du moteur.

Régime (tr/min)	1500	2000	2500	2750	3000	3250	3500
debit(m³/s)	0,0616	0,0748	0,0968	0,1056	0,1188	0,1276	0,1364

(Mohammedi ,2008)

6.2.3.3 Microscope optique et réticule

L'utilisation du microscope avec un réticule microscopique pour déterminer le nombre de gouttelettes par unité de surface (1 **cm²**) pour l'évaluation de notre réglage sur l'accélérateur du moteur et sur le débit liquide du produit. On utilise le réticule pour déterminer la taille des gouttelettes de chaque réglage.

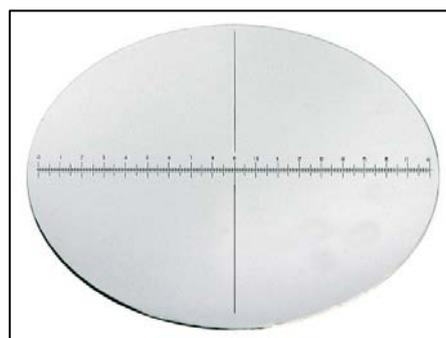


Figure 37 : Réticule microscopique.

6.2.3.4 Papier hydro sensible ou oléo sensible

On utilise ce genre de papier pour récupérer les gouttelettes de pulvérisation sans changement leurs propriétés dimensionnelles et les propriétés physico-chimiques du produit d'essai.

6.2.3.5 Autres matériels

- Un colorant alimentaire, rouge d'atrazine : est un colorant du symbole E102 très utilisé en pulvérisation agricole pour déterminer la taille et le nombre de gouttelettes.
- Un chronomètre pour la durée de travail.
- L'eau distillée pour les essais de pulvérisation et pour ne pas changer les propriétés physico chimique de la bouille.
- Des récipients pour la récupération du liquide, et pour vérifier l'uniformité des débits des buses de la rampe
- Des éprouvettes graduées ; pour la mesure du volume de liquide les (graduation de 500 ml / 250 ml de volume).
- mètre ruban (2 à 3 m de long).
- Vérification du volume à l'hectare

Lors de l'expérimentation, les normes qui sont fixés sur **ISO 22866** concernant le matériel de protection des cultures ont été respectées. Les différentes mesures de la taille des gouttelettes, ont été réalisées avec une température ambiante, afin d'éviter l'évaporation des gouttelettes qui influence directement le dimensionnement des gouttelettes. Les essais se font généralement entre 9 h et 10 h du matin, avec une vitesse de vent faible inférieur à 5 km/h pour éviter la déviation (dérive) de la trajectoire du jet.

Lors des essais il faut éviter la matinée, à cause de la présence des gouttelettes humides sur les feuilles des cultures, et sur no piègeurs des boites de pétris.

Remarque :

- Le réglage du pulvérisateur ou l'atomiseur avec la rampe déterminent un nombre de gouttelette, et une taille de gouttelettes donc c'est le rapport **VMD/NMD**.
- Chaque réglage il correspond à un type de produit.
- L'ensemble des résultats de taille de gouttelettes sur le nombre sont présentés aux annexes.

- Dans nos essais sur les trois insecticides on doit sélectionner trois essais nécessaires.

6.3 Analyse de l'efficacité de la pulvérisation de trois produits d'insecticide acaricide, avec une méthode de jet projetée sur le ravageur psylle de poirier (*Cacopsylla pyri*)

Si actuellement l'utilisation des produits phytopharmaceutiques (**PPP**) est très controversée et fait matière à débats dans notre société, il paraît important de rappeler avant tout, que leur utilisation se situe dans le cadre d'une activité économique : l'agriculture. Avec la révolution verte d'après-guerre, l'agriculture s'est intensifiée dans un but d'autosuffisance alimentaire pour la population mondiale, les **PPP** ont donc été massivement utilisés afin de garantir un fort rendement des récoltes. (**Batsch, 2011**)

Une fois les bons rendements atteints, l'usage des **PPP** est resté conventionnel : l'essor industriel garantissait l'abondance, l'agriculture devait donc faire de même et continuer de garantir fruits et légumes, beaux, abondants, sans défaut, et presque en toute saison.

Malgré cette diversification des produits phyto sanitaire, Les **PPP** ne seront pas toujours efficaces pour assurer une bonne protection de nos produits agricoles.

Dans cette partie de travail, nous allons tenter d'analyser l'efficacité sur terrain de trois produits insecticides homologués par l'**INPV**, en lutte contre le psylle de poirier avec l'utilisation d'une rampe a pulvérisation pneumatique.

L'objectif essentiel de cette partie de travail est de tester notre rampe de pulvérisation sous forme d'un atomiseur lingère, ce dernier est très efficace par rapport aux pulvérisateurs classiques à cause de l'assistance du débit d'air qui perturbe les feuilles de la culture afin libérer les insectes.

Un bon traitement de pesticide ou de fertilisants liquides ne dépend pas seulement de la machine, mais également d'autres facteurs tels que le choix d'un bon pesticide, avec un meilleur moment d'application, et ceci justifie cette troisième partie, avec un essai sur terrain en lutte contre le ravageur du poire (psylle de poirier).

Donc l'objectif essentiel de notre travail est de tester l'efficacité technique sur terrain de trois 03 produits d'insecticides homologués en Algérie.

6.4 Matériel et méthodes

6.4.1 Présentation de la zone d'étude

6.4.1.1 Présentation géographique du site expérimental

Le verger expérimental est situé dans la région de Blida commune de L'Arbaa avec les références géographiques suivante (**36° 33' 55' Nord, 3° 09' 14' Est**), d'une superficie de **5ha**, plantée en avril **2002** dans le cadre de **PNDA**, variété du poirier *santa maria*; il se compose de **3240** arbres, la pollinisation via des cultivars de variétés Williams.

Ce verger est formé de **54 rangs** de **60 arbres**, et greffé sur le coin sauvage (*Cydonia oblonga*), ce dernier est le porte greffe le plus utilisé en Algérie, il est très sensible aux attaques des ravageurs comme le psylle et au développement des maladies cryptogamiques tel que le feu bactériens et la tavelure.



Figure 38 : Vue aérienne de la parcelle d'étude
(Google earth, 2018)

Notre verger est composé aussi par d'autres spéculations qui sont représentées sur le tableau suivant :

Tableau 9 : Les autres variétés du verger.

Le nom commun	Le nom scientifique	Le nombre d'arbres	L'intérêt agronomique
Abricot Polonais	<i>Prunus armeniaca</i>	4	Fruit
Williams rouge	<i>Pyrus communis</i>	50	Lutte biologique contre les moustiques et les fruits
Oléastre	<i>Olea europaea selvestris</i>	30	Pollinisation et fruit
Figue	<i>Ficus carica</i>	6	Brise vent et fruit

brise vent	<i>Casarina torulosa</i>	60	Brise vent
Pommier ANNA	<i>Pommier commun</i>	7	Fruits et pollinisation
Mirabelle	<i>Prunus domestica</i>	4	Fruit

Le système de plantation de notre verger est de type intensif, avec un écartement de **4** mètres entre les rangs et de **2** mètres entre les arbres. Soit une densité de plantation de **1200** arbres /hectare. Ce genre de plantation favorise le développement de la plupart des maladies et les ravageurs.

La meilleure façon de lutter biologiquement contre les ravageurs des cultures, c'est de bien choisir le type de plantation et l'éloignement entre les différentes composantes du verger.

6.4.1.2 Commentaires sur les composantes du verger

Un des points faibles d'un verger est le mélange variétal avec les autres spéculations, c'est une source de différentes maladies.

Aussi l'environnement végétal du verger est composé de plusieurs adventices tels que le chiendent, le cyperus et d'autres adventices bisannuels, cette propagation est causée par la méthode d'irrigation gravitaire.

Le choix de ce verger a été motivé par sa haute productivité, sa vulnérabilité aux infestations en psylles du poirier malgré le traitement chimique préventif effectué dans cette parcelle durant toute l'année et notamment en hiver.

La parcelle est néanmoins représentative des pratiques culturales menées en arboriculture fruitière méditerranéenne de par la taille, la fumure du sol, l'irrigation et fertilisation. Et aussi les travaux de travail du sol, le pseudo labour et les opérations de déchaumage contre les mauvaises herbes.

6.4.2 Les Facteurs climatiques

6.4.2.1 Le climat

Le climat régional détermine la durée de la période de croissance de la végétation, donne les limites des températures favorables ainsi que la répartition des pluies durant l'année (**Gautiere, 1987**), le climat de la commune de l'Arbaa est un climat méditerranéen qui se caractérise par de fortes pluies en hivers qui dépassent les **800 mm** la température douce, et l'été très sec et humide, ce qui donne un air favorable à la culture des agrumes et de la vigne .

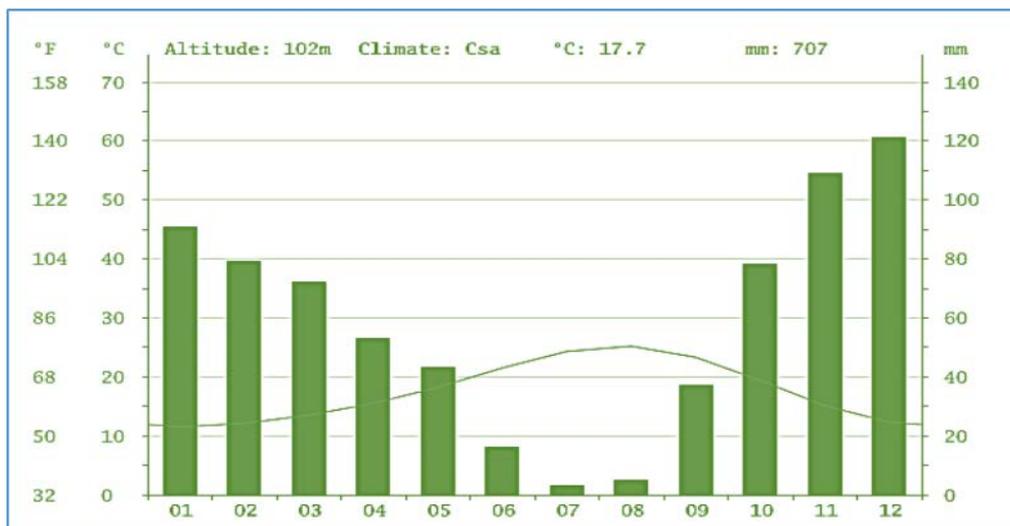


Figure 39 : Diagramme climatique de la région de Blida. (CLIMATE-DATA, 2016)

Le diagramme climatique fait ressortir la période la plus sèche entre le mois de Mai et le mois septembre de l'année, cette période donnera les conditions favorables pour le développement des générations avancées de psylle de poirier.

Des précipitations moyennes de **3 mm** font du mois de Juillet le mois le plus sec. Les précipitations record sont enregistrées en Décembre. Elles sont de **121 mm** en moyenne.

6.4.2.2 Température

L'agriculture actuelle est très sensible aux données climatiques et surtout pour les différentes valeurs thermiques observées durant l'année agricole. Actuellement il y a une grande variabilité de la température intra-annuelle qui influe sur les rendements et sur le comportement physiologique de l'arbre.

La période de floraison est la période la plus sensible aux différents changements de températures, car la pollinisation dépend de la température. Le graphe ci-dessous représente l'évolution des valeurs thermiques durant l'année 2016.

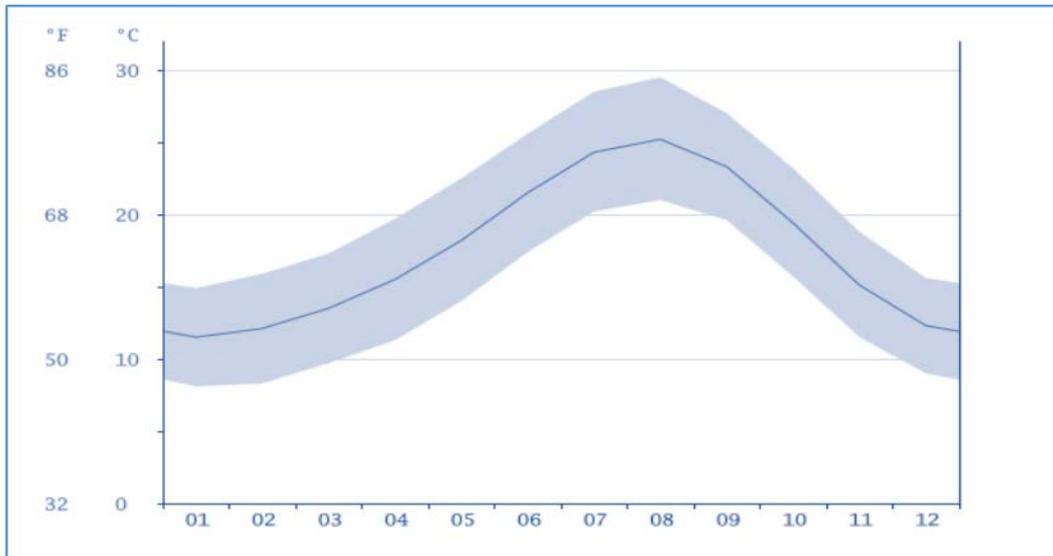


Figure 40 : Courbe de température région de Blida (CLIMATE-DATA, 2016)

D'après la figure 53, le mois le plus chaud de l'année est celui d'Aout avec une température moyenne de **25.2°C** alors que le plus froid de l'année est celui de Janvier avec une température moyenne de **11.5 °C**.

6.4.2.3 L'humidité

Une humidité moyennement élevée telle que celle de la Mitidja est une caractéristique essentielle du climat méditerranéen, elle n'est pas favorable pour les rosacés à pépins et spécialement le poirier, il est nécessaire de présenter le diagramme Ombrothémique de la zone d'étude.

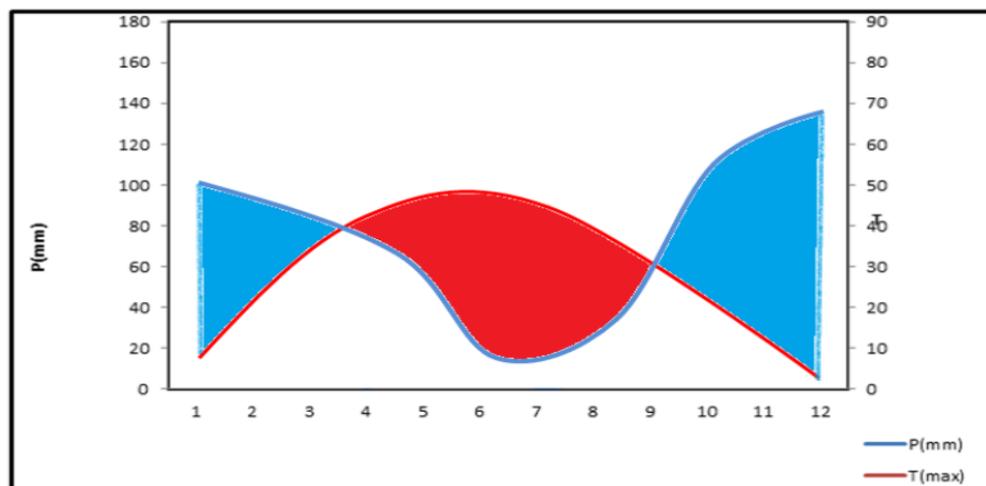


Figure 41 : Diagramme Ombrothémique de la zone d'étude. (CLIMATE-DATA, 2016)

6.4.2.4 le vent

Le vent est un phénomène naturel très important en agriculture, à cause de son rôle de transport des pollens et la pollinisation des fleurs, et aussi dans le développement de certaines maladies dans le même verger et de transmettre les symptômes vers d'autres vergers voisins.

Pour les rosacées, le vent est très bénéfique durant le printemps et très contraignant durant les moments de croissance et de la récolte.

Pour notre site d'expérimentation on n'a pas des données bien précises sur les valeurs de la vitesse du vent, mais durant les expérimentations et les traitements la vitesse du vent est très importante pour l'efficacité des traitements d'insecticides c'est pour cela qu'on a utilisé un anémomètre pour mesurer la vitesse du vent journalière, et durant l'application des produits sur les champs.

6.4.3 Le sol de la parcelle

L'analyse pédologique d'une exploitation agricole est un paramètre très important pour la réussite d'une plantation ou d'une culture. La connaissance des différentes composantes d'un sol agricole est très utile pour la conduite technique de la culture, la fertilisation, l'irrigation et le traitement phytosanitaire.

Nous avons réalisé une analyse granulométrique pour connaître les composantes texturales du sol, et une autre chimique.

Tableau 10 : Les composantes texturales du sol avec la matière organique.

Matière organique	Argile	Limon	Sable
1,62	32%	28%	40%

Texture argileuse

NB : La texture est déterminée avec le triangle américains **USDA**

La texture Argileuse est une texture très lourde malgré le pourcentage élevé du sable par rapport à l'argile et le limon.

Une analyse chimique a été aussi réalisée, elle s'est basée sur les éléments essentiels classiques, qui sont utiles pour la culture et qui influe sur la plante et l'arbre. Nous avons utilisé un système informatique d'interprétation des données (**SIDDRA**).

Tableau 11: Les différentes composantes du sol.

Conductivité électrique ms/cm	0,15	Non salé
pH de l'eau	8,6	Très alcalin
C/N	9,2	Normal
	%	ppm
Carbonates	4,28	42800,00
Calcaire actif	-	-
Matière organique	1,62	16200,00
Azote totale	0,1	1000
	Meq/100	ppm
Phosphore (olsen)	0,02	7,2
Potassium échangeable	0,3	125,5
Magnesium échangeable	1,0	127,7
Calcium échangeable	12,2	2450,9
Sodium échangeable	0,1	29,9

Les différentes composantes chimiques du sol sont représentées dans la figure suivante, et interprétées selon le logiciel **Siddra, 2015**.

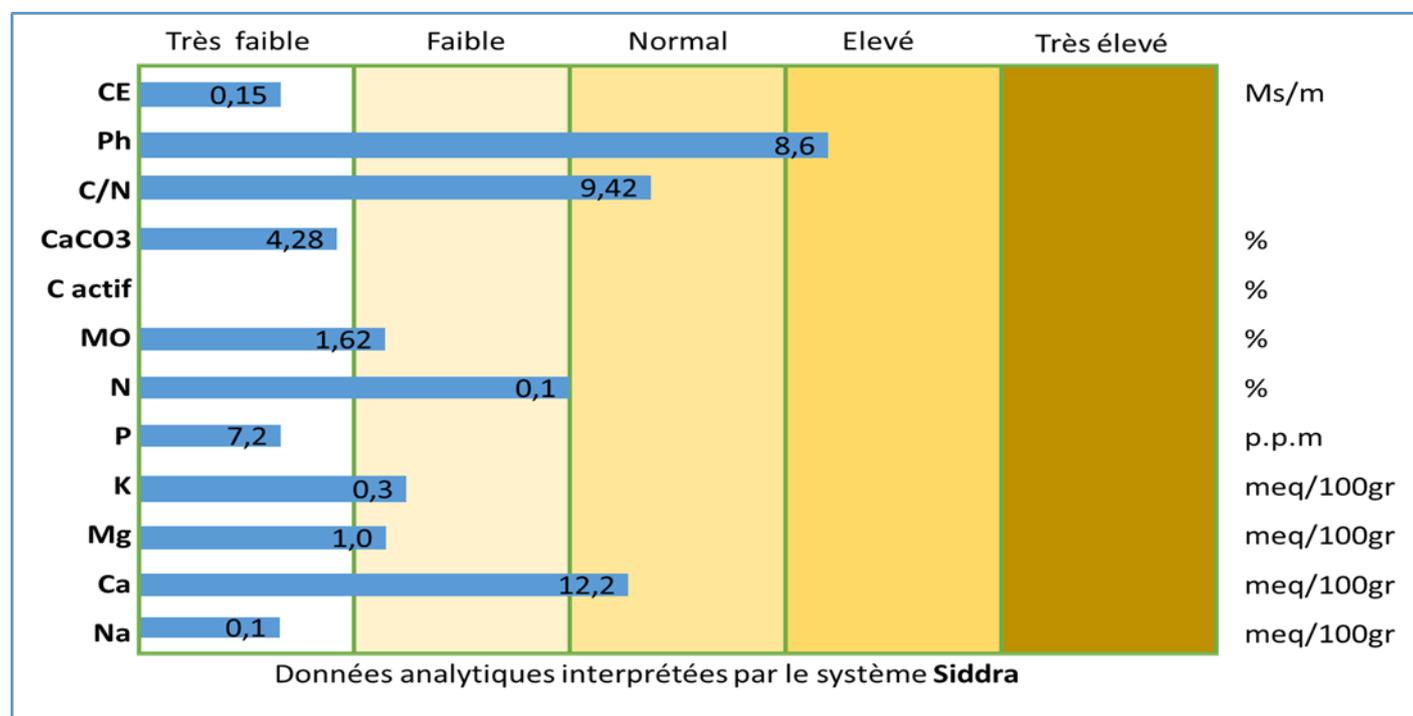


Figure 42 : Interprétation des propriétés chimique du sol par le système **SIDDRA**.

6.4.4 Traitement chimique

6.4.4.1 Préparation du verger

L'historique des traitements est indispensable dans chaque pratique culturelle telle que l'arboriculture fruitière et notamment les rosacées (Figure 56).

On remarque que les traitements d'hiver sont très importants notamment sur les générations avancées de psylle de poirier et la destruction des Œufs des autres ravageurs.

Chaque verger de chaque culture possède une conduite phytosanitaire, et cette conduite n'est pas fixe elle change dans chaque année, pour favoriser les attaques du psylle, on augmente la fertilisation azotée, et avec les acides aminées. Dans le graphe ci-après la conduite phytosanitaire de la saison **2015 et 2016**.

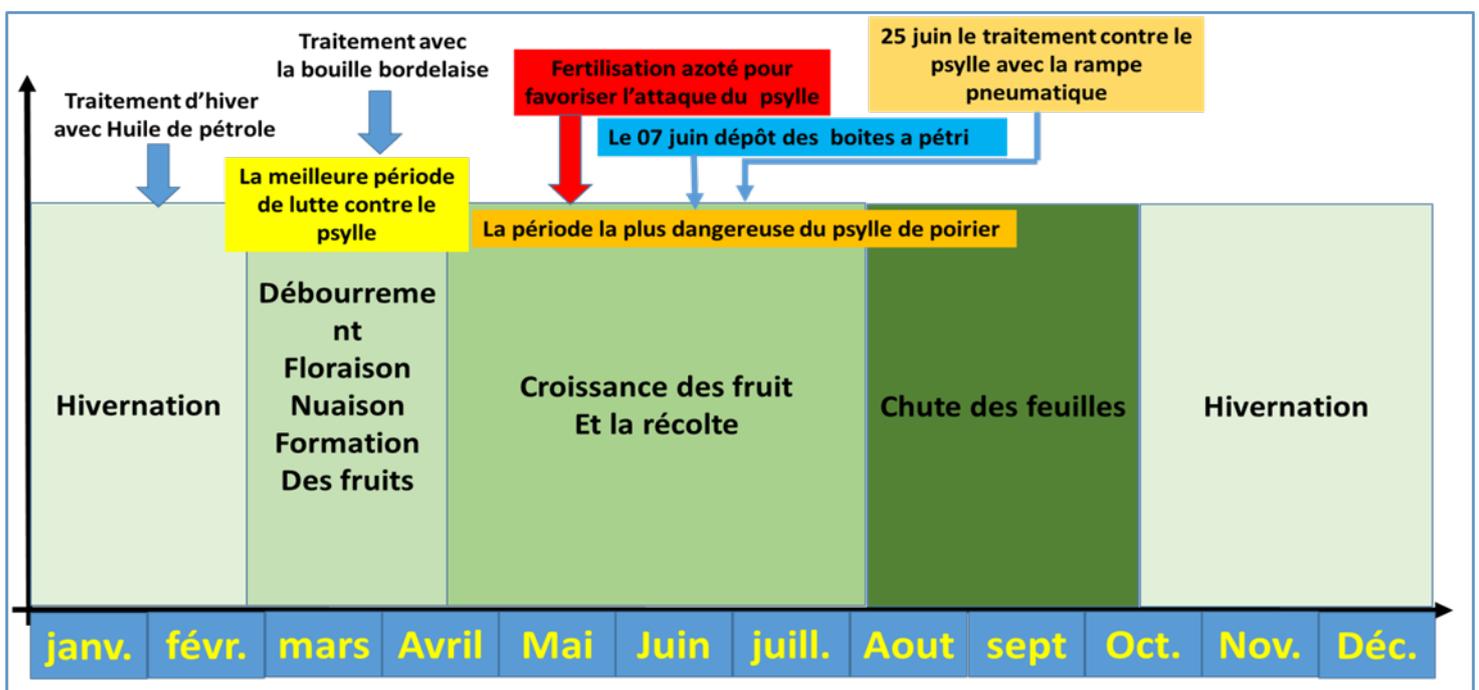


Figure 43 : Calendrier de traitement et les interventions sur le verger 2015/2016.

6.4.4.2 Les insecticides

Le tableau 13 présente une vue d'ensemble des traitements «chimiques» testés dans notre expérimentation. Nous rappelons que les propriétés des produits sont données dans le Guide phytosanitaire pour l'arboriculture fruitière 2006/2007 (Linder *et al.* 2006) et l'Index phytosanitaire pour l'arboriculture 2015 (INPV, 2015 ou ACTA 2015).

Tableau 12 : Essai d'application de produits.

PRODUIT	Substance active	Nom commercial	formulation	Dosage (l/ha)	Fabriquant	L'ORIGINE
P2	Abaméctine	Vertimec	EC, 18 g/l	0,8-1-1,2	Syngenta	SUISSE
P3	Amitraze	_bye bye	EC, 200 g/l	3-3,2 -3,5	Dow	CANADA
P1	Diflubenzuron	ALPHAZURON	20% SC	0,8 -1-1,2	Alphyt	ALGERIE

Le tableau nous représente les doses d'application nécessaire, sur trois niveaux, la première dose toujours utilisé dans les cas du traitement préventif, la troisième dose est pour les cas extrêmes.

Amitraze: commercialisé depuis environ trente ans, il demeure le produit standard par excellence pour la pratique, ainsi que dans nos essais. Il agit sur le système nerveux et se montre particulièrement actif sur les larves et les jeunes œufs. Son efficacité est meilleure au-dessus de **20 °C**.

Abamectine : C'est le produit le plus utilisé par les agriculteurs en Algérie, c'est un résultant de la fermentation de la bactérie du sol *Streptomyces avermitilis*, ce neurotoxique agit rapidement, surtout au stade des larves. Homologué depuis plus de dix ans contre le psylle du poirier, il n'est que rarement utilisé, probablement en raison de son coût élevé. L'efficacité de l'abamectine est optimale entre **15 et 25 °C**.

Diflubenzuron : C'est un insecticide régulateur de croissance des insectes très utilisé en palmier dattier, il agit par ingestion et contact au moment de la mue des insectes en inhibant la synthèse de la chitine. La cuticule de la larve ne se forme pas et la chenille meurt rapidement.

Selon **ACTA, 2015** : l'Abaméctine est la meilleure substance de lutte contre le psylle de poirier.

6.4.4.3 Autres matériels

- Les boîtes à pétri avec coton.
- Scotch double face pour fixer les boites a pétri sur les rameaux d'arbres.
- Notre pulvérisateur avec la rampe pneumatique en position verticale, écarté de 50 cm par rapport aux boites a pétri qui sont fixés sur les arbres.
- Spectrophotomètre pour une éventuelle analyse qualitatives du notre rampe pneumatique.
- Eprouvette graduée **500 ml** pour le dosage des insecticides.

- Loupe de lecture pour le calcul de **dl₅₀**.
- ph mètre électronique, pour contrôler le **pH** de de la bouille.

6.4.5 Dispositif des essais

Notre dispositif d'essai est proposé par **ISO 22 370**, c'est des méthodes de vérification de l'efficacité des produits phytosanitaire et les qualités de pulvérisations sur terrain.

Les facteurs contrôlés : les produits d'insecticide avec trois doses différentes sur trois niveaux.

Selon la norme **ISO 22 370**, on fixe ente **5 à 15** boite a pétri d'une façon aléatoire sur chaque variante des trois blocs. Et chaque boite a pétri représente une feuille de l'arbre.

Le dispositif est divisé en trois lignes avec **20** arbres et neuf colonnes avec **6** rangers, donc sur chaque variante on à **120** arbres, le dispositif expérimental est sur la figure suivante :

P1D1	P1D2	P1D3	P3D1	P3D2	P3D3	P2D1	P2D2	P2D3
P2D1	P2D2	P2D3	P1D1	P1D2	P1D3	P3D1	P3D2	P3D3
P3D1	P3D2	P3D3	P2D1	P2D2	P2D3	P1D1	P1D2	P1D3

Pour assurer la réussite de cette expérimentation il faut assurer que notre verger est **100%** attaqué par le psylle, et pour accélérer cette attaque en doit faire une irrigation continue du verger, avec une fertilisation en urée **46**.

Après notre traitement avec les trois produits et sur trois doses différentes la récupération de **135** boites a pétri doit être réaliser après **6** heures pour évaluer le **DL₅₀** de chaque boite

6.4.6 Résultats et discussions

La première partie du travail consistait à établir une fiche technique du sol de notre verger pour mieux comprendre le comportement physiologique de notre arbres, son développement, sa production, et surtout sa résistance aux maladies, et pour favoriser le développement du psylle avec la sur fertilisation en azote nitrique.

Pour la deuxième partie sur terrain, on a essayé de comprendre l'efficacité technique de nos **03** insecticides avec un régime de pulvérisation bien contrôlé pour traiter contre le psylle du poirier avec le même débit de bouillie.

6.4.6.1 Interprétation des résultats d'analyse du sol

Après la lecture des résultats d'analyses des propriétés physico chimique du notre sol, on peut conclure qu'il s'agit d'un sol très lourd avec un drainage interne très mauvais et une rétention en eau et des engrais très élevée. Il y a risque de rétrogradation du phosphore et de potassium. Ainsi d'asphyxie racinaire dans les cas extrêmes. D'une manière générale, le sol est de fertilité élevée.

Le sol ne représente pas de problème de salinité, le pH actuel du sol est alcalin et peut poser des problèmes d'assimilation de micro-organisme qui sont des éléments important pour la résistance de l'arbre aux différentes maladies. Pour la culture des poires le pH du sol le plus adéquat compris entre 6,5 et 7.

Le rapport C/N indique que la matière organique est suffisamment décomposée .la teneur en carbonates est faible, il est donc difficile qu'il ait des fixations de phosphore qui réduisent sa disponibilité, La teneur en matière organique est faible, ce qui a un effet très négatif sur les caractéristiques physico-chimiques du sol, il peut y avoir carence induite de Mg par excès de Ca. Il n y a pas de risque grave de carence induite en Mg en raison d'un excès de K.

Les rosacées de manières générales sont très sensible aux propriétés physico-chimique du sol, donc le poirier aussi très sensible plus que le pommier avec des exigences chimiques tel que le taux de matière organique, l'acidité avec le pH, le taux de potasse K, le phosphore P et le plus important pour toutes les spéculations le taux d'azote N.

Tableau 13 : Interprétation des résultats selon les normes SIDDRA d'Espagne.

Les composantes et les propriétés chimiques du sol	Taux (%)	Remarque
Conductivité 1/5 Ms/cm	0.15	Non salé
Ph d'eau 1/2.5	8.6	Très alcalin
C/N	9.42	Normal
Carbonate	4.28	Faible
Matière organique	1.62	Faible
Azote total	8 meq /100gr	Elevé
Phosphore	0.02	Faible
Potassium échangeable	0.3	Faible
Magnésium échangeable	1.0	Faible
Calcium échangeable	12.2	Faible
Sodium échangeable	0.1	Faible

(Interprétation de données selon les normes SDDRA 2015)

Le tableau en ci-dessus englobe les propriétés chimiques de notre sol, la plupart des valeurs ont été déterminées au laboratoire de l'**INSID** d'El Harrach à Alger, et d'autres qui était mesurés avec un appareil de mesure chimique de sol sur terrain.

1. **Pour le pH** : le pH du sol est très élevé d'une valeur qui dépasse les 8,5 : donc il est alcalin, il faut ajouter de la matière organique pour faire baisser le pH.
2. **Pour le rapport C/N** : ce rapport est très important en moment de floraison, d'une manière générale, ce rapport est très élevés sur les sols algériens puisqu'on remarque que la dégradation très rapides de la matière organique.
3. **Pour le CaCo3 et Carbone actif** : les deux valeurs sont très faibles sur notre sol en revanche on remarque que ces deux valeurs sont importantes sur les sols sahariens et en steppe de l'Algérie.
4. **Pour le taux d'azote N** : l'azote total est donné en pourcentage, il est très élevé, il est de l'ordre de **8%**, c'est un taux qui peut nous causer beaucoup de problème notamment les maladies fongiques et les ravageurs tels que les insectes comme le psylle de poirier.

L'azote est l'élément le plus important dans le sol, et la composante la plus bienfaisante pour une plante ou un arbre, mais avec des valeurs importante

comme notre cas sur le verger donnera des mauvais résultats sur le rendement finale de la culture, car il favorise la présence des maladies qui ont une relation avec la sève de l'arbre.

Le surdosage de l'azote dans le sol, automatiquement une sève abondante, matière végétale (feuille et bois) aussi déséquilibre de croissance des fruits. Donc on dira que les sols qui sont riches en azote, sont favorables uniquement pour les cultures fourragères.

5. **Pour la matière organique MO** : la présence de cette matière est très recherchée par les agriculteurs à causes de son intérêt nutritionnel pour la plante, et son effet sur les propriétés chimique du sol, elle améliore vraiment la structure du sol et la texture avec la modification des tailles de particules de sol en présences des microorganismes. Mais sa présence en excès cause beaucoup de problèmes pour les plantes et sur la structure du sol, qui devient moins drainante, alors que la plupart des plantes et les arbres notamment les rosacées exigent des sols drainants pour minimiser le développement de certaines maladies fongiques et cryptogamiques du système racinaire.
6. **Pour le taux de potasse (K) et de phosphore (P)** : les deux éléments sont aussi importants que l'azote. Généralement la potasse et le phosphore sont bénéfiques sur les mécanismes de la fructification...etc.
7. **Pour les éléments échangeables (magnésium (Mg), calcium (Ca), Sodium (Na))** : Les éléments échangeables sont indispensables pour chaque plante ou arbre à cause de leurs intérêts dans les différentes activités physiologiques et hormonales de l'arbre. Nous remarquons qu'il y a une carence de ces produits à cause d'une faible teneur en matière organique.

En conclusion à cette analyse physico chimique du sol, le sol de notre verger est un sol très lourd, avec un drainage interne très mauvais et une capacité de retentions d'eau et d'engrais très élevés. Il y a risque de rétrogradation du phosphore et de potassium, ainsi que d'asphyxie racinaire dans les cas extrêmes. En générale le sol est de fertilité élevé et ne présente pas de problème de salinité.

Le pH du sol est alcalin et peut produire des problèmes d'assimilation de microéléments. Il faut signaler que pour la culture de poires et les rosacées le pH du sol le plus adéquat est compris entre **6.5 et 7**.

Le rapport C/N indique que la matière organique est suffisamment décomposée.

La teneur en carbonate est faible, il est donc difficile qu'il y ait des fixations du phosphore qui réduisent sa disponibilité, la teneur en matière organique est faible, ce qui a un effet très négatif sur les caractéristiques physico-chimique du sol.

Il peut y avoir carence induite de **Mg** par excès de **Ca**, Il n'y a pas de risque grave de carence induite en Mg en raison d'un excès de K.

6.4.6.2 Recommandation de fertilisation

L'objectif essentiel de chaque analyse physico chimique d'un sol est d'élaborer un plan de fertilisation, mais pour notre expérimentation l'objectif est d'appliquer une fertilisation qui favorise le développement du psylle du poirier qui se développe en cas d'une grande présence d'azote.

Pour favoriser l'attaque du ravageur il suffit d'épandre une quantité d'azote en forme d'urée ammoniacale 46, en 02 quintaux par hectare.

Dans le cas d'une production normale, on utilise une fumure de redressement qui contient 138 unités d'azote, 220 unités de 4P2O5 et 64 K2O.

Généralement en arboriculture fruitière on utilise les engrais de fond sous forme de NPK en 04-20-25, et pour le TSP en 46% de P2O5 et sulfate de potassium en 00-00-50.

6.4.6.3 La relation entre les propriétés physico chimique du sol et le développement de psylle de poirier

Il existe une forte relation entre les propriétés physico chimique du sol et le développement physiologique de l'arbre, elles influencent la croissance et le mécanisme de dormance jusqu'au processus de débourrement et la fructification, à la chute des pétales jusqu'à la propriété organoleptique de fruit, la teneur en sucre et sa coloration et la taille de fruit.

Selon **Arvalis, 2012**, le développement du psylle du poirier est très élevé dans les sols riches en azote, une fertilisation mal calculée peut causer beaucoup de problèmes.

Donc la relation est facile : un sur - dosage d'azote nous donne un bon enveloppement physiologique du plant, et une faible persistance aux maladies et notamment le psylle de poirier.

6.4.6.4 L'humidité relative

D'une manière générale, l'humidité est un facteur qui favorise le développement des maladies cryptogamiques et fongiques sur les poiriers tel que le feu bactériens.

L'humidité n'a pas d'effet sur le cycle de vie du psylle du poirier, ce dernier se développe dans les régions sèches.

Une humidité élevée influe généralement sur la qualité des traitements phytosanitaires. Elle pose un problème de transport de gouttelettes, alors que lorsqu'elle est très faible, il y a un risque de réduction de la taille de la bouille pulvérisé ou atomisé sur les feuillages.

6.4.7 Présentation et analyse des résultats de la deuxième partie

La plupart des applications de produits chimiques ont eu des effets certains sur les insectes, à des exceptions près. L'efficacité a cependant varié considérablement d'un produit à un autre, comme l'ont également démontré **Schaub et Gianettoni (2004)**, et aussi selon le moment d'application.

Le moment optimal à respecter dépend du mécanisme d'action de chaque produit, comme le souligne le Guide Arboricole (**Linder et al. 2006**).

6.4.7.1 Présentation des résultats de mortalités d'insectes DL₅₀ (psylle du poirier)

La mortalité d'insecte psylle du poirier est quantifiée par deux paramètres indépendants : le produit d'insecticide et la dose à 3 niveaux.

Pour les résultats de mortalités avec les moyennes totales sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Résultats de mortalité dl₅₀ du psylle en fonction de trois produits d'insecticide et trois doses.

	Alphazuron DIFLUBENZURON			VERTIMEC ABAMECTINE			BYE Bye AMITRAZE		
	P1D1	P1D2	P1D3	P2D1	P2D2	P2D3	P3D1	P3D2	P3D3
BLOC1	13	23	38	16	37	45	16	37	42
BLOC2	12	35	16	15	33	39	25	38	60
BLOC3	20	15	40	20	33	40	25	46	51
MOYENNE	15	24,3	31,3	17	34,3	41,3	22	40,3	51

a. Présentation de la mortalité du psylle au bloc 1

L'Histogramme de la figure suivante représente le nombre de mortalité en **DL₅₀** d'insecte de psylle sur les boîtes à pétri en bloc1, En fonction de trois produits et la dose.

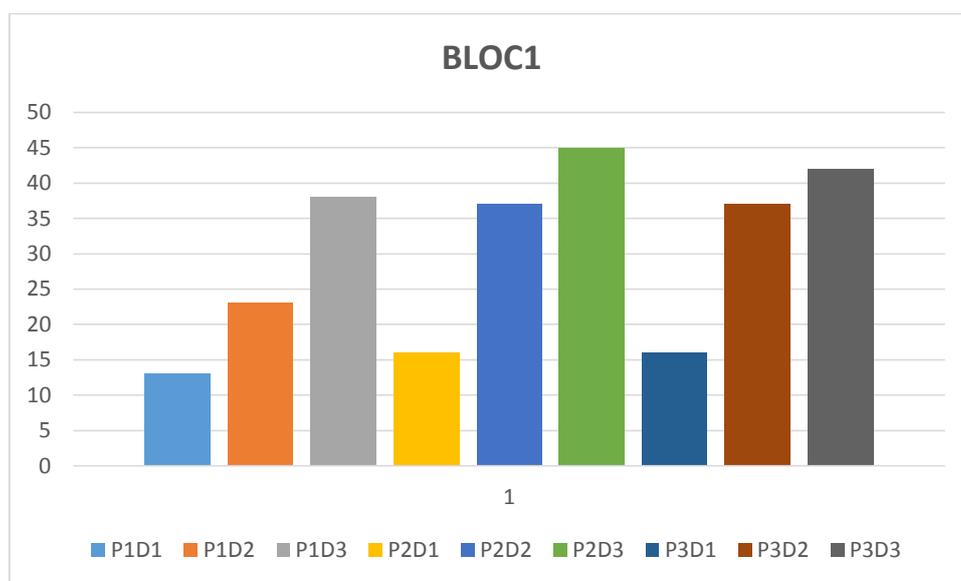


Figure 44 : Diagramme de résultats De **DL₅₀** en fonction du produit et de la dose dans le bloc 1.

A la première lecture des résultats, on remarque une différence du taux de mortalité des insectes de psylles pour les trois produits d'insecticides avec des pourcentages différents. D'autre part, les résultats confirment que les produits **ABAMECTINE**, **DIFLUBENZURON** et **L'AMITRAZE** sont efficaces pour lutter contre le psylle du poirier.

Il y a toutefois une variation du taux de **DL₅₀** en fonction du produit et la dose à appliquer. La valeur la plus élevée sur le bloc 1 est dans l'essai **P2D3** qui correspond au produit d'**ABAMECTINE** avec une dose **D2** qui correspond le **1.2 litre** par hectare.

La valeur la plus faible de mortalité est remarquée sur le **P1D1**, **DIFLUBENZURON** avec une dose de **0,8** litre par hectare.

b. Présentation de la mortalité du psylle au bloc 2

L 'Histogramme de la figure **58** représente le nombre de mortalité d'insecte du psylle sur les feuilles d'arbres et qui sont collectés sur boîtes à pétri bloc 2.

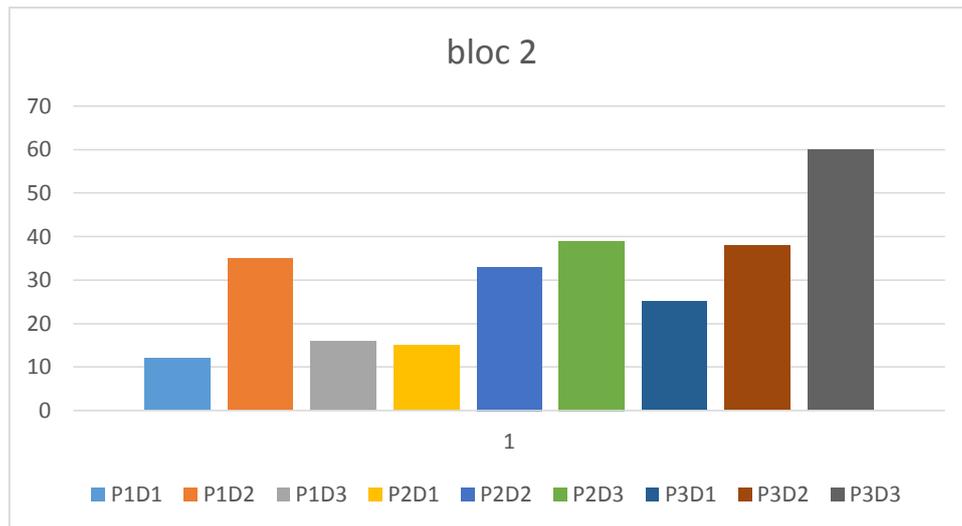


Figure 45 : Histogramme de **DI₅₀** du Psylle en fonction du produit et la dose.

La figure 45 montre qu'il y a une efficacité des trois produits le bloc 2 et sur les trois doses différentes.

La valeur la plus élevée sur le bloc 2 est remarqué sur l'essai **P3D3** qui correspond au produit de l'**AMITRAZE** avec une dose **D3** de **3,5** litre par hectare.

La valeur la plus faible de mortalité est remarquée quant à elle sur les deux autres produits à base d'**ABAMECTINE** et de **DIFLUBENZURON** sur les essais **P1D1** et sur **P2D1** avec une dose de **1** litre par hectare.

L'AMITRAZE s'est toujours montré le meilleur produit standard dans la plupart des essais et des variantes contre le psylle du poirier. Dans 38 applications sur 42, la population de base a été réduite de plus de **95%** en **7** à **14** jours, conformément aux résultats constatés par (**Trautmann ,2005**).

c. Présentation de la mortalité du psylle au bloc 3

Pour le bloc expérimental numéro **3** le taux de **DI50** pour chaque produit et les trois doses d'applications recommandées par les trois fabricants sont représentés à l'historgramme suivant :

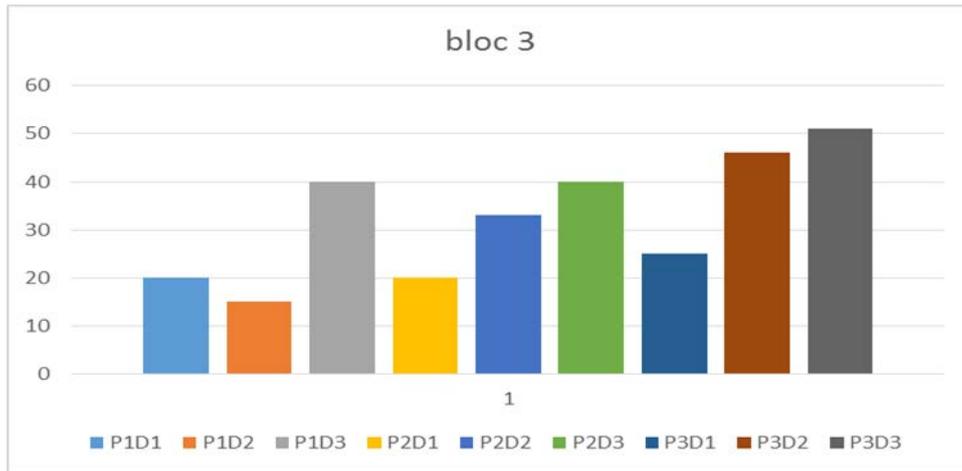


Figure 46 : Histogramme des résultats de mortalité d'insectes en fonction du produit et la dose.

Les résultats font ressortir l'efficacité de la substance de l'**AMITRAZE (P3)** avec la dose **3** avec **3,5** litre / hectare.

6.4.7.2 Présentation de la moyenne mortalité du psylle pour les trois blocs d'expérimentation

La figure suivante représente la moyenne de mortalité du psylle en fonction des trois produits d'insecticides et doses.

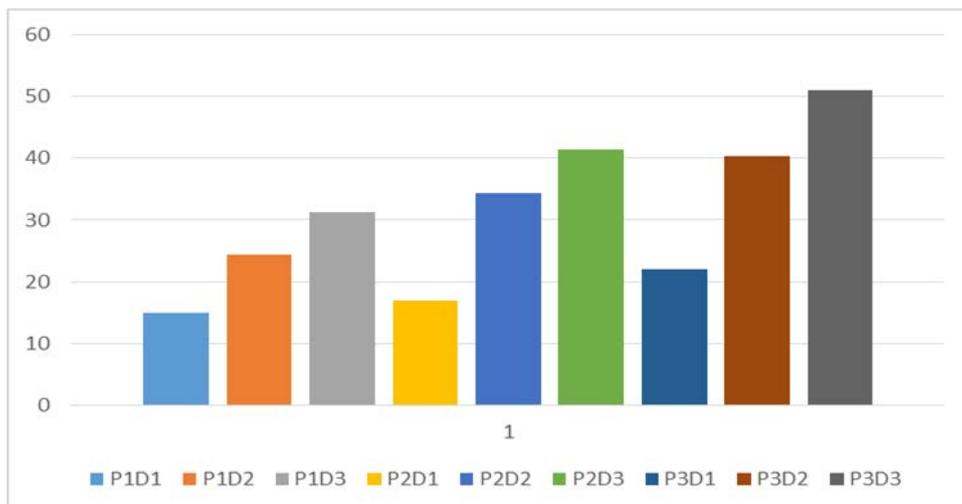


Figure 47 : Histogramme de l'ensemble des moyennes mortalités de psylle pour les trois blocs d'expérimentation.

D'après la figure **47** nous montre que le produit à base d'**AMIRAZE** est le plus efficace. Selon **HÖHN, et al. 2007**, l'efficacité des insecticides est variable en fonction des générations des ravageurs. Pour notre cas, on traite contre la cinquième génération du psylle durant le mois de juin à juillet selon les températures de la saison, et les résultats de l'insecticide d'**ABAMECTINE** n'était pas vraiment satisfaisante par rapport à

l'AMITRAZE, Selon **Acta, 2015** : **l'ABAMECTINE**, est la substance la plus utilisée contre le psylle du poire mais cette efficacité dépend des conditions d'application. Pour nous c'est l'identification de la génération de psylle.

Selon **SYNGENTA, 2018** ; le fabricant de **l'ABAMECTINE** sous le nom commercial **VERTIMEC**, est efficace contre la troisième génération de psylle.

Pour notre cas, et selon **l'INPV, 2015**, le développement de la troisième génération du psylle de poirier se fait en printemps durant le mois de Mars.

Pour le troisième produit utilisé **P1**, à base de **DIFLUBENZURON** d'une concentration de **20%**, est considéré comme le plus faible insecticide dans notre expérimentation, la famille chimique de cette insecticide est un **benzoylurées**, est une ancienne génération des insecticides qui sont couramment utilisés pour la lutte anti acridienne et qui sont très toxiques comme les organochlorés et les organophosphorés.

Selon **Fanny 2014**, **DIFLUBENZURON** agit par contact sur la cuticule, ce mécanisme correspond à un ralentissement de la pénétration d'un insecticide à travers la cuticule de l'insecte grâce à une modification biochimique de celle-ci. Cette cuticule qui joue le rôle de protection de l'organisme vis-à-vis du milieu extérieur est riche en lipides. C'est pour cela que les résultats de ce produit peuvent être obtenus tard.

Selon **Alphyt, 2018** ; le produit **DIFLUBENZURON** est très efficace contre la Myéloïis du palmier dattier, avec une faible dose de **50ml/hl**, ce produit, n'est pas donc vraiment utile dans la lutte contre le psylle du poirier, il sera utile contre les cochenilles et les carpocapses.

Pour **l'AMITRAZE**, selon **MOUSSAOUI et al.2001**, C'est un produit très efficace et très polyvalent mais très dangereux sur la santé humaine, neurotoxique qui affecte le système nerveux central en se fixant sur les récepteurs α_2 -adrénergiques, induit une dépression respiratoire avec bradycardie, hypertension et hypotension.

6.4.7.3 Effet combiné de la dose avec le produit sur le taux de mortalité

Pour connaître l'efficacité d'un produit par rapport à un autre, on a eu recours à une comparaison de moyenne des résultats de chaque produit avec les trois doses.

Sur le domaine d'expérimentation agricole il est très difficile de connaître la signification des essais réalisés sur terrain à cause des différentes difficultés de la démarche

expérimentale (l'influence des conditions climatiques, le vent, la température, la lumière, l'humidité et le **pH** de la bouille...etc).

Pour une meilleure explication de la signification des résultats, on a eu recours une analyse statistique pour vérifier la faisabilité d'essais.

Les tests effectués sur le système informatique Excel stat seront détaillées en ci-après :

➤ **Test de Kruskal-Wallis :**

C'est le teste qui nous a permet de vérifier la signification de l 'effet de chaque opération

K (Valeur observée)	25,773
K (Valeur critique)	16,409
DDL	9
p-value (bilatérale)	0,012
alpha	0,05
Produit	

Une approximation a été utilisée pour calculer la p-value.

Interprétation du test :

H₀ : Les échantillons proviennent de la même population.

H_a : Les échantillons proviennent de populations différentes

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0,05, on doit rejeter

L'hypothèse nulle H₀, et retenir l'hypothèse alternative H_a.

D'après cette analyse d'**ANOVA** (analysis of variance), on peut conclure que la dose du produit insecticide avec le type de produit ont un effet significatif sur le taux de mortalité.

6.4.7.4 Effet de la dose sur le taux de mortalité

Tous les produits d'insecticides sont efficaces à des doses bien précises et une durée de contact avec le ravageur bien précise aussi, dans le domaine des pesticides, il existe plusieurs notions sur les doses exploitées.

A partir de la dose journalière admissible **DJA**, (est une quantité de matière active, qu'un être humain peut absorber, quotidiennement sans effet néfaste pour sa santé), cette dose est calculé sur la base de la dose sans effet **DES**, c'est la plus basse observée chez l'être humain en laboratoire, généralement la valeur de **DES** est variable en fonction de la période de décomposition du produit.

Pour les trois produits testés et selon les trois fabricants, le produit à base de l'**AMITRAZE** possède la période la plus élevée pour sa décomposition. Il sera donc, important de confirmer avec un test statique l'effet de la dose sur le taux de **D150**.

Interprétation du test :

H0 : Les échantillons proviennent de la même population.

Ha : Les échantillons proviennent de populations différentes.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification

$\alpha=0,05$,

on doit rejeter l'hypothèse nulle H0, et retenir l'hypothèse alternative Ha.

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 3,21%.

Test de Kruskal-Wallis :

K (Valeur observée)	6,988
K (Valeur critique)	6,001
DDL	2
p-value (bilatérale)	0,034
alpha	0,005

Une approximation a été utilisée pour calculer la p-value.

Les tests sont positifs et confirment que le choix de la dose de l'insecticide possède un effet sur la mortalité des ravageurs.

Economiquement, le choix de la meilleure dose est très important pour ne pas gaspiller le produit, et qui sont très chère, notamment la substance de **l'ABAMECTINE**.

Les agriculteurs algériens considèrent qu'une dose importante signifie une mortalité de 100% du ravageur, ce qui est vraisemblablement faux.

Durant nos tests, on a utilisé les trois doses de produits qui sont préconisés par les fabricants, et toutes les doses se sont avérées efficaces contre le ravageur mais avec des degrés de résultats différents.

6.4.7.5 Effet du type de produit sur le taux de mortalité

Le choix du type de produit phytosanitaire en Algérie est basé sur les recommandations des fournisseurs de ces produits. Pour notre part, on a tenté de prouver que ce choix doit se faire d'une manière scientifique pour avoir la meilleure efficacité possible contre les ravageurs.

Un certain nombre de paramètres joue un rôle important dans l'efficacité du produit tel que la période des traitements. L'exemple le plus frappant est la substance de **VERTIMEC**, qui est la plus utilisée à l'échelle mondiale contre les acariens, et le psylle, cette dernière n'est pas efficace sur certaines générations comme la cinquième et la sixième à cause de la maturité physiologique de l'insecte, et cause de la grande sécrétion du miellat du psylle.

Il est très facile de connaître le bon produit, pour avoir un bon résultat de mortalité avec le calcul des moyennes des DL_{50} .

K (Valeur observée)	6,988
K (Valeur critique)	6,001
DDL	2
p-value (bilatérale)	0,034
alpha	0,05

Une approximation a été utilisée pour calculer la p-value.

Interprétation du test :

H_0 : Les échantillons proviennent de la même population.

H_a : Les échantillons proviennent de populations différentes

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0,05$,

On doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_a .

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H_0 alors qu'elle est vraie est inférieur à **2,65%**.

D'après cette analyse d'**ANOVA** (analyse of variance), on peut conclure que le type de produit a un effet significatif sur le taux de mortalité.

6.4.8 Conclusion

En Algérie, il existe plus de **4000** produits homologués entre insecticides et fongicides et autres produits de lutte contre différents ravageurs de cultures, mais la plupart de ces produits sont conventionnelles à base d'organophosphorés et organochlorés d'une forme originale ou générique, la majorité de ces produits ne sont pas considérés comme des produits de **BPA**, c'est-à-dire des produits de bonnes pratiques agricoles.

BPA c'est l'ensemble de règles à respecter dans l'implantation et la conduite des cultures de façon à optimiser la production agricole, tout en réduisant le plus possible les risques liés à ces pratiques vis-à-vis de l'homme que vis-à-vis de l'environnement, en matière

de protection des plantes, on peut également les nommer les bonnes pratiques phytopharmaceutiques **BPP**.

On a pu conclure que le produit le plus efficace est l'**AMITRAZE**, mais il faut rester vigilant, car c'est un produit très toxique, vient ensuite le produit de l'**ABAMECTINE**, qui est-elle, la plus utilisée par les agriculteurs algériens, sur les poires et sur les agrumes, l'avantage de ce produit est sa polyvalence, il est considéré comme produit de bonne pratique agricole de par sa non nocivité sur les abeilles.

La meilleure méthode de protection des cultures, c'est la lutte raisonnée avec l'emploi rationnelle des produits phytopharmaceutiques, notamment par le choix d'un bon produit, avec une bonne dose en meilleur moment.

Actuellement Les bons produits sont à la base des huiles essentielles, qui sont très chères, et coûteux avec les grandes quantités, ils ne sont pas rentable pour la majorité des cultures, c'est pour cela qu'il faut développer des nouvelles techniques de pulvérisation et de traitement pour faciliter dans l'avenir l'utilisation normale des produits à base des huiles essentielles.

C'est notre objectif dans le chapitre prochain, avec une étude de conception d'un système pour réduire les quantités des traitements sur les cultures.

Chapitre 7 : Etude et conception d'un système de pulvérisation à contrôle de débit PWM.

Chapitre 7 : Etude et conception d'un système de pulvérisation à contrôle de débit PWM.

7.1.Introduction

Les buses à pulsation ou les buses avec commande **PWM**, sont considérés comme une dernière génération des buses, et sont les plus développés avec des buses a sélection automatique, une innovation pour un seul objectif, c'est pour l'agriculture de précision, donc la réduction des couts en produits chimiques (engrais et pesticide) avec l'augmentation des rendements des cultures et avec la possibilité d'utiliser des produits de lutte a base des huiles essentielles qui sont très chères .

Cependant les attentes sociales en terme d'environnement ont fait que ce concept a du évoluer en se focalisant sur une meilleure gestion de l'environnement.

7.2.Système de contrôle des buses à commande PWM

Le système de contrôle et de commande automatique des buses à commande PWM (figure 48) est divisé en deux grandes parties :

- Une partie matérielle,
- Une partie logicielle.

Chacune de ces parties est, à son tour, divisée en un ensemble de modules pour faciliter la portabilité et la modification du système (amélioration et ajout de modules si nécessaire)

7.2.1. La partie matérielle

La partie matérielle est composée d'une carte principale Arduino Uno autour de laquelle vient ce griffés des modules et composants électroniques et électriques pour le bon fonctionnement du système.

Les composants connectés à la carte Arduino Uno sont :

6 transistors TIP120

6 résistances de 10kΩ

6 diodes 1n4002

6 solénoïdes

1 module Bluetooth

Une alimentation

Présentation des différents modules et composants du système

7.2.1.1.L'Arduino Uno

La version la plus courante d'Arduino est l'Arduino Uno. Cet avis est que la plupart des gens la pointe quand ils se réfèrent à un Arduino. L'Uno est l'une des cartes les plus populaires dans la famille Arduino et un excellent choix pour les débutants. Il existe différentes révisions de l'Arduino Uno, voir figure est la révision la plus récente (Rev3 ou R3).

L'Arduino Uno (figure 00) est basé sur un microcontrôleur l'ATmega328. Il possède 14 broches d'entrée / sortie numériques (dont 6 peuvent être utilisées comme sorties PWM), 6 entrées analogiques, un quartz de 16 MHz, une connexion USB, une prise de courant, une fiche ICSP et un bouton de réinitialisation. Elle contient tout le nécessaire pour exploiter le microcontrôleur ; Il suffit de la connecter à un ordinateur avec un câble USB ou de l'alimenter avec un adaptateur AC-DC ou une batterie pour commencer.

7.2.1.1.1. Fiche USB et fiche d'alimentation externe

Chaque carte Arduino doit être connectée à une source d'alimentation. L'Arduino Uno peut être alimenté à partir d'un câble USB provenant de l'ordinateur ou d'une alimentation externe dont la plage recommandée est de 7 à 12 volts. La source d'alimentation est sélectionnée automatiquement. La connexion USB permet également de charger le code sur la carte Arduino.

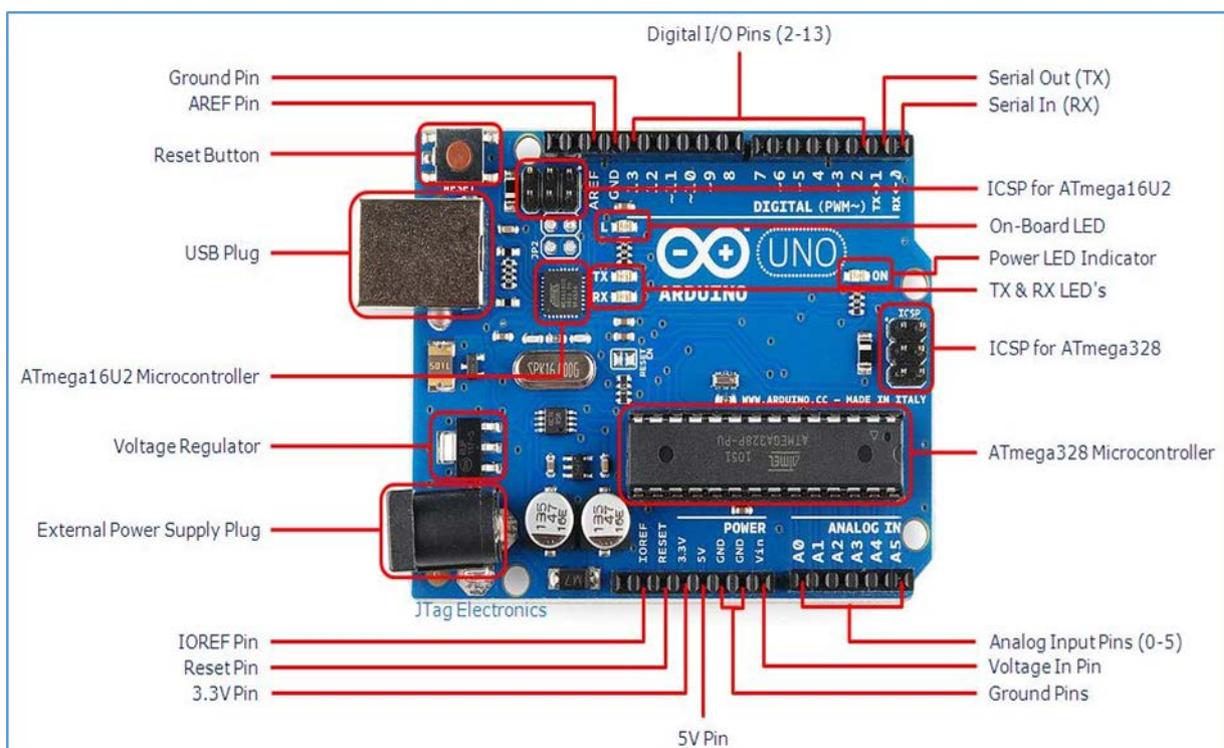


Figure 48 : Description carte Arduino Uno.

7.2.1.1.2. Régulateur de tension

Un régulateur de tension est un élément qui permet de stabiliser une tension à une valeur fixe, et qui est nécessaire pour les montages électroniques qui ont besoin d'une tension qui ne fluctue pas, ne serait-ce que peu. Un régulateur de tension peut être composé d'un ensemble de composants classiques (résistances, diodes zener et transistor par exemple), mais il peut aussi être de type "intégré" et contenir tout ce qu'il faut dans un seul et même boîtier, pour faciliter son usage. C'est ce genre de régulateur intégré dont il est question dans cette carte. Il a pour rôle de délivrer 5V et 3,3V stable à partir d'une alimentation externe dont la plage recommandée est de 7 à 12 volts.

7.2.1.1.3. Broche de puissance

Tension d'entrée V_{IN} - La tension d'entrée de la carte Arduino lorsqu'elle utilise une source d'alimentation externe (par opposition à 5 volts à partir de la connexion USB ou d'une autre source d'alimentation régulée).

Broche 5V - Cette broche délivre un 5V réglé du régulateur de la carte. La carte peut être alimentée soit à partir de la prise d'alimentation CC (7 - 12V), soit par le connecteur USB (5V), soit par la broche V_{IN} de la carte (7-12V). Alimenter la tension via les broches de 5 V ou 3,3 V contourne le régulateur et peut endommager la carte. Ce n'est pas recommandé.

Broche 3.3V - Une alimentation de 3,3 volts générée par le régulateur de bord. Le courant maximal délivrer est de 50 mA.

Broches de masse - Il y'a plusieurs broches GND sur l'Arduino, dont n'importe laquelle peut être utilisé pour la mise à la terre du circuit.

Broche IOREF - Cette broche fournit la référence de tension avec laquelle le microcontrôleur fonctionne. Elle est destinée à indiquer aux shields la tension de fonctionnement de l'Arduino. Sur un Arduino 5V, elle aura une tension de 5V et sur un 3,3V une tension de 3,3V.

7.2.1.1.4. Broches d'entrée et de sortie

Chacune des 14 broches numériques de la carte Arduino Uno peuvent être utilisées comme entrée ou sortie. Elles fonctionnent en 5 volts, logique TTL. Ces broches peuvent être utilisées à la fois pour l'entrée numérique (comme pour indiquer si un bouton est poussé) et pour la sortie numérique (comme l'alimentation d'une LED).

Chaque broche peut fournir ou recevoir un maximum de 40 mA et dispose d'une résistance pull-up interne (déconnectée par défaut) de 20-5k Ohms. En outre, certaines broches ont des fonctions spécialisées :

Serial Out (TX) & Serial In (RX) - (RX) utilisé pour recevoir et (TX) transmettre des données série TTL. Ces broches sont connectées aux broches correspondantes de la puce ATmega 16U2 (USB-to-TTL). Elle est également employée pour dialoguer avec certains modules comme les modules radio XBee ou certains modules Wi-Fi ou encore Bluetooth.

Interruptions externes - Les broches 2 et 3 peuvent être configurées pour déclencher une interruption sur une valeur faible, un front montant ou descendant ou un changement de valeur.

PWM - Selon les Arduino, de 6, pour l'Arduino Uno précède par le tilde ~ (3, 5, 6, 9, 10 et 11), à 15 broches, pour l'Arduino Mega, certaines broches peuvent être configurées en sortie PWM (Pulse-Width Modulation). Le rapport cyclique de la PWM est réglé par programme entre 0, le signal est constamment à l'état bas, 0V, à 255, le signal est constamment à l'état haut, 3,3V ou 5V selon l'Arduino, soit un rapport cyclique de 100%. La PWM trouve son emploi lorsqu'il s'agit de commander un moteur électrique à courant continu, ou une intensité lumineuse, par exemple une LED.

SPI - Broches 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). SPI signifie Interface Périphérique Série. Ces broches prennent en charge la communication SPI à l'aide de la bibliothèque SPI.

Broches d'entrée analogique - Les Arduino sont pourvus de 6, pour le Uno, à 16 entrées analogiques, pour le Mega. Ce sont les broches étiquetées A suivie d'un nombre. Chacune fournissant 10 bits de résolution (c'est-à-dire 1024 valeurs différentes).

Ces broches peuvent lire le signal d'un capteur analogique (comme un capteur de température) et le convertir en une valeur numérique utilisable. Le MCU des Arduino possède une référence de tension interne de 1,1V qui peut être sélectionné à la place de la tension d'alimentation. Cela permet une meilleure résolution, environ 1mV, sur les faibles valeurs de tension à convertir. Il est également possible de sélectionner la tension fournie sur la broche AREF comme tension de référence.

I2C - les broches A4 (SDA) et A5 (SCL) sont utilisées pour communiquer en utilisant la Bibliothèque Wire. Elles constituent le bus I2C. L'I2C est l'un des bus de communication disponibles pour dialoguer soit avec un autre Arduino soit avec des circuits périphériques disposant de ce bus. 2 broches sont employées pour l'I2C, l'horloge et l'adresse/donnée. De nombreux circuits périphériques disposent d'une interface I2C.

Broche de Réinitialisation - mettre cette ligne à l'état LOW réinitialise le microcontrôleur. Généralement utilisé pour ajouter un bouton de réinitialisation aux blindages qui bloquent celui sur la carte.

7.2.1.1.5. Indicateurs LED

Témoin lumineux d'alimentation - juste au-dessous et à la droite du mot «UNO» sur la carte, il y a une LED minuscule à côté du mot «ON». Cette LED doit s'allumer lorsqu'on branche l'Arduino à une source d'alimentation. Si cette lumière ne s'allume pas, il y a une bonne chance que quelque chose ne va pas.

LED embarquée- Il y a une LED intégrée connectée à la broche numérique 13. Lorsque la broche est à valeur HAUT, la LED est allumée, quand la broche est BASSE, elle est éteinte. Ceci est utile pour vérifier rapidement si la carte n'a pas de problème car certaines cartes ont un programme préchargé d'un simple clignotant LED en elle.

Voyants TX et RX - Ces LEDs donnent de belles indications visuelles chaque fois que la carte Arduino recevra ou transmettra des données (par exemple lors du chargement d'un nouveau programme sur la carte).

7.2.1.1.6. Protection par fusible intégré

L'Arduino Uno a un fusible ré-armable automatiquement qui protège le port USB des court-circuits ou des surcharges (en général, le courant maximum que peut fournir une prise USB est de 500 mA).

7.2.1.1.7. Auto-reset

Le circuit imprimé de l'Uno contient une piste qui peut être coupée pour supprimer l'auto-reset. Bien qu'il n'est pas conseillé de procéder à cette modification, sous peine de perdre certaines fonctionnalités (notamment pour le téléchargement de code). Cette opération n'est pas irréversible : il suffit de ressouder les deux extrémités de cette piste ensemble.

Il y a un marquage qui précise l'endroit où opérer : "RESET-EN". Il est aussi possible de supprimer l'auto-reset en connectant une résistance de 110 ohms entre le 5V et la ligne « reset ».

7.2.1.1.8. Microcontrôleur ATmega328

Le microcontrôleur utilisé sur la carte Arduino UNO est un microcontrôleur ATmega328 au format DIP 28 pins. C'est un microcontrôleur ATMEL de la famille AVR 8bits (16MHz). Ce microcontrôleur est préchargé avec le bootloader Arduino UNO. L'ATMEGA328-PU est un CMOS basse puissance basé sur l'architecture RISC optimisée AVR. En exécutant des instructions puissantes en un seul cycle d'horloge, l'ATMEGA328-PU atteint des débits approchant les 1MIPS par MHz, permettant aux concepteurs système d'optimiser la consommation d'énergie par rapport à la vitesse de traitement.

- 131 instructions puissantes - La plupart avec une exécution en un seul cycle d'horloge
- Registres 32×8 à usage général
- Fonctionnement entièrement statique
- Débit jusqu'à 20MIPS à 20MHz
- Multiplicateur en 2 cycles sur la puce
- Cycles d'écriture/suppression : EEPROM 10 000 flash/100 000
- Section de code de démarrage en option avec bits de verrouillage indépendants

- Programmation in-situ par le programme de démarrage sur puce
- Opération de lecture-écriture vraie
- Verrou de programmation pour la sécurité du logiciel
- Supporte la librairie Atmel® QTouch®
- Boutons tactiles capacitifs, curseurs et molettes
- Acquisition QTouch et QMatrix®
- Jusqu'à 64 canaux de mesure
- Deux compteurs/timers 8 bits avec prédiviseur séparé et mode de comparaison
- Compteur/timer 16 bits avec prédiviseur séparé, mode de comparaison et mode de capture
- Compteur temps réel avec oscillateur séparé
- Six canaux PWM
- USART série programmable
- SPI Maître/Esclave

7.2.1.1.9. Microcontrôleur ATmega16U2

L'ATMega16u2 prend en charge la connexion USB. Le nouvel Arduino Uno R3 utilise un ATmega16U2 au lieu du 8U2 trouvé sur d'autres cartes anciennes. Celui la permet des vitesses de transfert plus rapides et plus de mémoire.

7.2.1.1.10. Connecteur ICSP

ICSP est synonyme de programmation série sur circuit. Il y a deux connecteurs ICSP sur la carte un pour ATmega16U2 et l'autre pour ATmega328. Ils sont utilisés pour mettre à jour ou charger le micrologiciel dans le microcontrôleur.

7.2.1.1.11. Le transistor TIP120

Transistor TIP120 est un Darlington NPN 60V 5A économique et facile à trouver. Voici les caractéristiques électriques de ce transistor.

Comme la majorité des transistors Darlington (NPN et PNP), lorsqu'on le regarde de face, son brochage suit l'ordre "B-C-E" (base collecteur émetteur, de gauche à droite) :

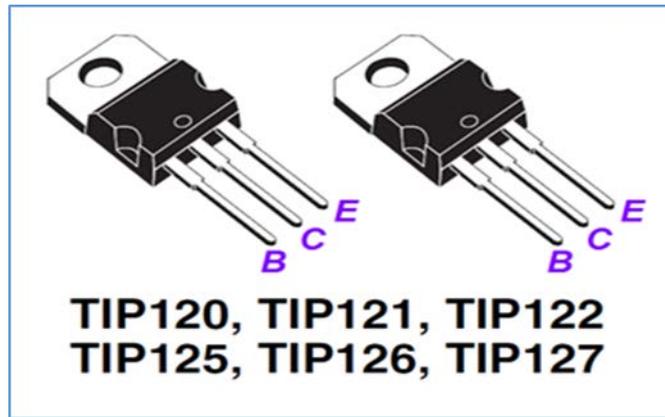


Figure 50 : Brochage du TIP120 boitier TO220.

Le schéma interne du transistor Darlington TIP120 est présenté ici :

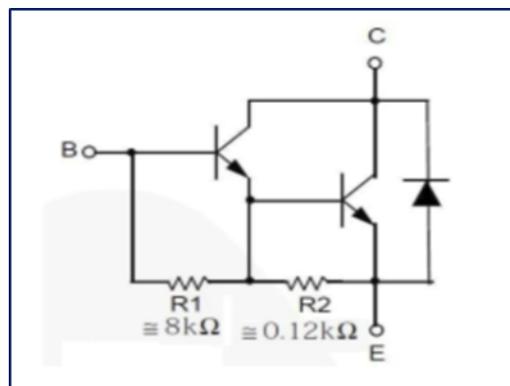


Figure 51 : Schéma interne du Darlington TIP 120.

Le TIP120 appartient à la famille TIP120, TIP121 et TIP122. Les transistors complémentaires respectifs en PNP sont les TIP125, TIP126 et TIP127.

Caractéristiques électriques du transistor TIP120

Les limites à ne pas dépasser :

Tension collecteur-émetteur max (V_{ce}) du transistor :

TIP120 : 60V TIP121 : 80V TIP122 : 100V

Tension base-émetteur inverse : 5V max

Courant collecteur : 5A continu, 8A crête

Courant de base : 0.1A

Gain en courant h_{fe} : 1000 (c'est un Darlington !)

$V_{ce\ sat}$ (à $I_c = 3A$, $I_b = 12mA$) : 2V max $V_{ce\ sat}$ (à $I_c = 5A$, $I_b = 20mA$) : 4V max

Lorsqu'on fait passer le courant maximum de 5V, il y a tout de même 4V aux bornes du transistor entre collecteur et émetteur. C'est loin d'être un fil et la puissance dissipée vaut $5A \times 4V = 20W$. Un grand radiateur est nécessaire.

Puissance totale dissipée P_{tot} (boitier maintenu à 25°C) : 65W

Puissance totale dissipée sans radiateur : 1.8W à température ambiante

Température de stockage : -65°C à +150°C

La puissance dissipée de 65W ne doit jamais être dépassée pour garantir un fonctionnement fiable (safe operating area : SOA) pour le transistor TIP120 est limitée par :

- le courant maximum de 5A (on ne peut pas faire passer 10A, ce qui respecterait la limite de puissance : $10A \times 6.5V = 65W$ par exemple)
- la tension max de 60V (au-delà le transistor TIP120 claque)
- la zone "second breakdown" (second claquage) qui restreint la puissance dissipable.

7.2.1.2.Solénoïdes et valve

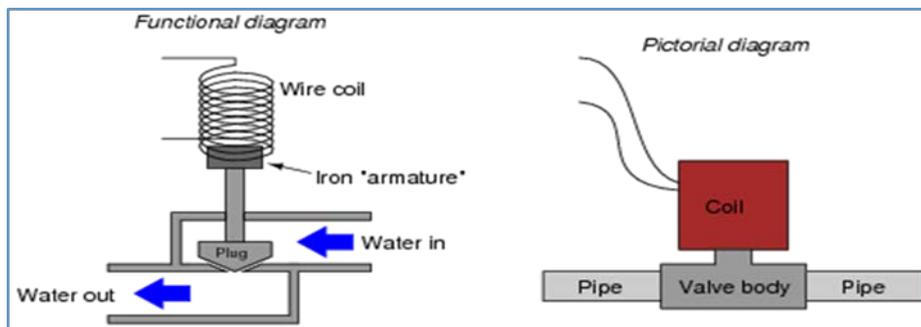


Figure 52 : Solénoïde avec valve.

7.2.1.3.Module Bluetooth HC-06

Il existe deux sortes de module Bluetooth, tous deux compatibles Arduino. On les distingue par le nombre de pattes d'entrées / sorties :

- HC-05 : 6 sorties. Ce module peut être maître ou esclave. En mode maître il peut proposer à un autre élément Bluetooth de s'appairer avec lui, par contre en mode esclave il ne peut que recevoir des demandes d'appairage.
- HC-06 : 4 sorties. Ce module ne peut être qu'esclave, il ne peut recevoir que des demandes d'appairage.

Les deux modules peuvent être utilisés en mode COMMANDE, pour les programmer avec des « commandes AT », ou en mode DATA, pour échanger des données.

Le module Bluetooth HC-06 permet d'établir une liaison Bluetooth (liaison série sans fil) entre une carte Arduino et un autre équipement possédant une connexion Bluetooth (Smartphone, tablette, seconde carte Arduino, etc...).

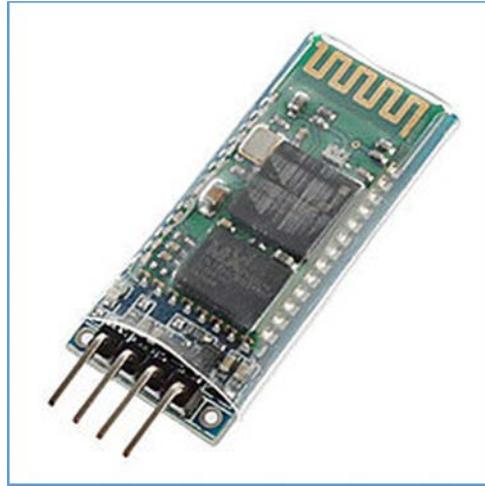


Figure 53 : module Bluetooth HC-06.

Caractéristiques

- Module de type JY-MCU / HC-06 Master
- Paramétrage par défaut du port série : 9600, N, 8, 1.
- Le baudrate est paramétrable de 4800 à 1382400 (par commande AT, uniquement si le module n'est pas associé, et maxi 115200 pour pouvoir l'utiliser avec une carte Arduino).
- Alimentation de 3.3 à 5V DC
- LED indicatrice : statut de connexion.
- Fonctionnement Bluetooth sur la bande 2.4 GHz, modulation GFSK.
- Le module est apparié avec un mot de passe (1234) modifiable.
- L'identificateur du module est généralement HC-06 modifiable.

Détails techniques du module

- PIO8 est branchée sur une cathode de LED avec une résistance de 470 Ohm en série. Le moins de la LED se branche à la masse. Utilisé pour indiquer l'état de fonctionnement du module selon le type de clignotement de la LED après mise sous tension.
- PIO9 est utilisé pour contrôler la LED de contrôle qui indique l'appariement. Elle reste éclairée en continu quand l'appariement est réalisé.

- PIO11, pin d'état du module. Si HIGH réponse à une commande AT ; si LOW ou flottant statut de fonctionnement régulier.
- Avec un circuit de reset intégré, le reste est automatiquement activé à la mise sous tension.

Câblage à réaliser

Module HC-06 (4 pins) vers Arduino

- VCC → +5V
- GND → GND
- TXD → RX
- RXD → TX

Important

- Il faut croiser Rx et Tx entre le module et l'Arduino.
- La tension d'alimentation de ces modules doit être comprise entre 3,3 et 6 V, mais la broche RX ne peut recevoir qu'une tension maximale de 3,3 V. Il faudra prévoir un pont diviseur de tension pour ramener la tension 5 V délivrée par la carte Arduino pour ne pas endommager la broche RX du module Bluetooth.

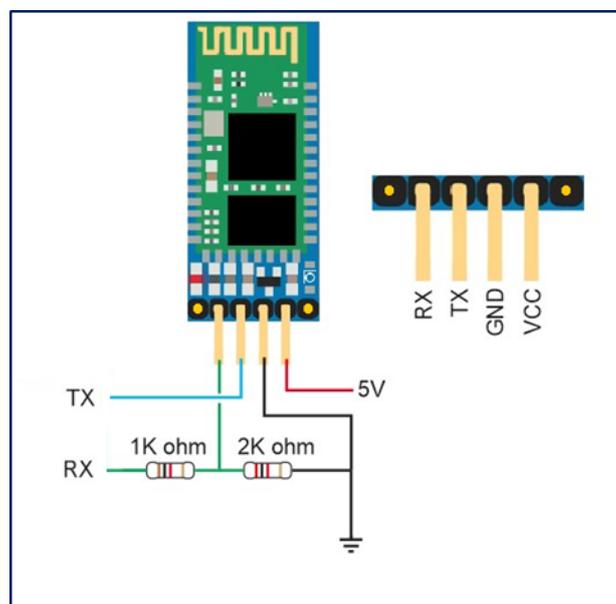


Figure 54 : Brochage du module HC-06 à l'Arduino Uno.

7.2.2. La partie programme

Les microcontrôleurs proposent des dispositifs permettant de disposer de PWM autonomes où le signal voulu est engendré indépendamment de l'exécution du programme. Toutes les broches ne sont pas utilisables. Sur l'Arduino Uno, les broches concernées portent le symbole '~'. Sur le Uno et les Arduino à base d'ATMega 328, 6 broches sont disponibles (3, 5, 6, 9, 10 11).

La fréquence de la PWM est prédéterminée sur l'Arduino. Il est possible de la changer pendant l'exécution du programme, mais ce n'est pas une possibilité accessible très simplement. La fréquence n'est pas la même selon les broches. Sur le Uno, la fréquence est de **490Hz** max sur les broches **3, 9, 10 et 11** et de **980Hz** max sur les broches **5 et 6**.

En ce qui concerne la programmation, la fonction permettant de fixer le rapport cyclique de la PWM est la fonction `analogWrite(...)`. Le premier argument de `analogWrite(...)` est la broche concernée et le second argument le rapport cyclique. Le rapport cyclique **n'est pas** donné de **0 à 100** mais de **0 à 255**. Il faut donc faire une règle de 3 pour calculer la valeur à appliquer pour le rapport cyclique voulu. Par exemple, la valeur à appliquer pour un rapport cyclique de 75% (la valve est ouverte à 75%) sera égal à $0,75 \times 255 = 191$.

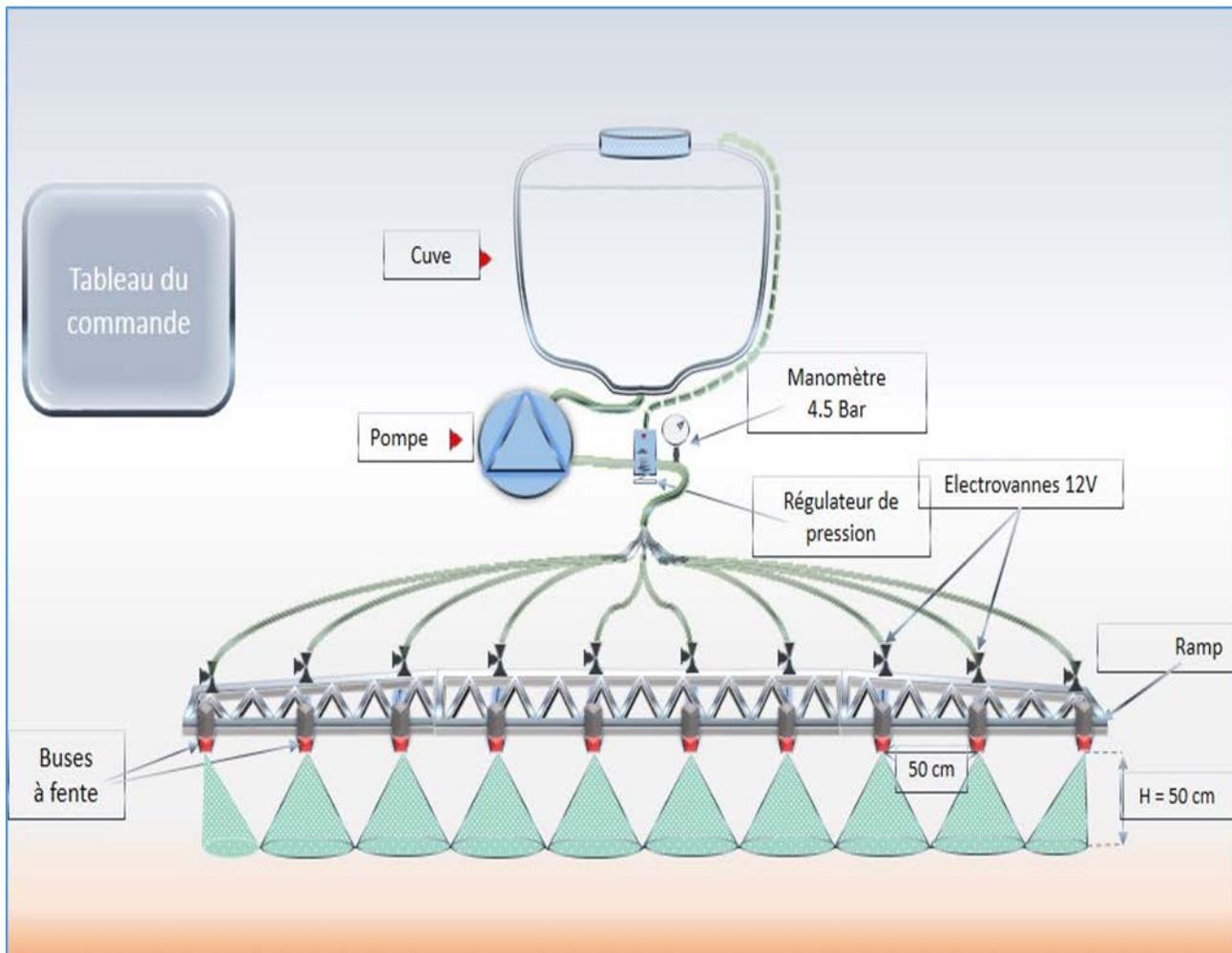


Figure 55 : Schéma finale de la conception de la rampe intelligente avec le système PWM.

7.3.Conclusion

L'objectif essentiel de cette partie c'est l'étude et la conception d'un système de pulvérisation à contrôle de débit **PWM**, est un système dans l'agriculture de précision. C'est une conception avec le système d'arduino, après ça réalisation son montage sera possible sur la majorité des pulvérisations conventionnelle avec rampes a jet projeté, donc économiquement est une meilleure façon de moderniser le parc national des pulvérisateurs a jet projeté. Cette conception est n'est pas couteuse par rapport aux budgets de nos agriculteurs, avec leurs petites moyennes de matériels et de surfaces.

On peut utiliser aussi la pulvérisation avec notre système **PWM**, en traitement partielle de la culture, car actuellement le traitement préventif total de la culture est en cours de disparition pour céder sa place aux nouvelles technologies et méthodes comme les traitements localisés associés avec les surveillances des caméras, et le traitement d'images satellitaires.

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale et perspectives

Le travail réalisé dans le cadre de cette thèse se situe au cœur des thèmes de recherche sur les problèmes posés par l'utilisation des pesticides et des fertilisants dans l'agriculture algérienne, et plus particulièrement dans les cultures basses et arboricoles avec un jet projeté.

Le thème de recherche a été abordé pour deux raisons principales :

La première raison est le risque encouru par la population avoisinant les zones agricoles, évoluant vers les concepts de l'agriculture moderne, laquelle se base essentiellement sur l'application des technologies nouvelles et l'utilisation intense de divers intrants tels que les produits phytopharmaceutique et les fertilisants liquides.

Cette situation a imposé de nouvelles orientations dans le choix des actions de recherche, qui tiennent compte non seulement de la production, mais aussi des exigences d'une agriculture durable et qui prend en considération la santé publique et l'environnement.

La deuxième raison réside dans la forte consommation des pesticides sur la plupart des cultures, telles que l'arboriculture fruitière, les céréales, les cultures maraichères, et les différentes cultures au Sahara, qui sont des cultures très pratiquées dans le territoire algérien, ce qui entraîne une importante contamination de l'environnement et de la population.

Ces considérations nous ont amené à choisir de travailler sur les problèmes liés à l'application des herbicides à base de glyphosate sur les différentes cultures algérienne, tout en maintenant les objectifs d'efficacité du traitement au niveau de la plante. L'expérience acquise par la communauté scientifique en matière de savoir et de savoir-faire relativement à la gestion des risques liés à la pollution de l'environnement nous a facilité cette tâche.

Le travail étant étroitement lié entre le choix des produits phytosanitaire et leurs modes d'application par la machine, l'étude est restée limitée à échelle de proximité du pulvérisateur avec ces propriétés qualitatives et quantitatives.

L'objectif essentiel de cette thèse était d'est de parvenir à optimiser les procédés de pulvérisation en milieu agricole algériens tout en visant une production agricole satisfaisante.

Pour atteindre cet objectif, une démarche en quatre étapes, basée sur le couplage entre quatre approches : enquête, conception, utilisation et projet d'amélioration, a été adoptée :

- Une enquête régionale pour définir la qualité d'application des herbicides totaux à base de glyphosate.
- Utilisation d'une rampe à pulvérisation pneumatique pour tester l'efficacité de trois insecticides, avec un jet projeté sur le psylle de poirier. Etude qualitatif sur trois insecticides sur terrain contre un ravageur le psylle du poirier.

- Une étude de conception d'un système de pulvérisation à contrôle de débit **PWM**.

Les enquêtes menées sur terrain auprès de 250 agriculteurs, ont mis la main sur le constat amère de l'utilisation anarchique des pesticides par les agriculteurs algériens. Sur les sept Wilaya enquêtées, la wilaya de Sétif semble être la première consommatrice d'herbicide à base de glyphosate, à cause de l'introduction du semis direct qui nécessite l'utilisation accru de cette molécule.

Il ressort également que **45 %** des agriculteurs traitent leurs parcelles avec le glyphosate, ce qui représente un pourcentage très important. Contre **40 %** utilisant des herbicides sélectifs et de **15%** seulement recours à des moyens mécaniques de déchaumage.

Le constat a fait ressortir aussi le problème du choix des doses, en effet, nos agriculteurs utilisent 6 à 10 l/ha contre une norme de 3 à 5l/ha. En revanche, les résultats de l'enquête ont confirmé l'utilisation d'autres herbicides par les agriculteurs (herbicide sélectif non total comme **2,4 D**, et **TRIFLAN**) et d'autres techniques pour lutter contre les adventices surtout dans le mode conventionnel (labour, hersage, cover crop).

En Algérie, il y a un manque d'arsenal juridique qui cadre l'utilisation du glyphosate à part entier, il est urgent de signalé ce vide juridique par rapport à d'autres pays ayant une armada de lois qui réglementent son importation, conditionnement, stockage, étiquetage et sa commercialisation, vient par la suite son application, tous les cheminements de formulation de la matière active jusqu'à l'agriculteur est soumis à une autorisation préalable de l'autorité phytosanitaire, ce qui n'est pas le cas pour l'Algérie. L'absence de loi proprement dite au glyphosate engendre une menace à long terme de milieu pédoclimatique qui est vulnérable, notamment sous la pression des pratiques des vendeurs relatives au reconditionnement du glyphosate qui est mis dans des tubes, en plastiques, sans la reproduction des informations contenues dans l'emballage d'origine (nom commercial, matière active, concentration, degré de dangerosité). De même les emballages vides, sont jetés dans la nature où incinérés, ainsi l'eau issue du lavage des pulvérisateurs est déversée sur le sol, à côté de la source d'eau. Le non recours, de la majorité, des agriculteurs à l'utilisation des équipements de protection est dû, d'une part, au manque de conscience au véritable danger que représente le glyphosate et, d'autre part, à la cherté de ces tenues sur le marché, et à l'inadaptation des celles proposées, par les vendeurs aux conditions de travail dans les serres par exemple (température élevée).

Donc la réduction des quantités utilisées par nos agriculteurs est plus que nécessaire. Dans ce contexte, la nécessité d'un choix prudent des moyens d'application de ces produits

appropriés à leur mode d'action, avec un bon choix du matériel de traitement à savoir les pulvérisateurs agricoles avec les buses, pour la production des fines gouttelettes.

Une analyse quantitative de la répartition transversale du jet projeté sur les différentes buses de la rampe pneumatique a été réalisée, en procédant à la variation des paramètres constructifs de débit d'air et la hauteur de la pulvérisation, on a procédé à la conception d'une rame de longueur de 3m, très praticable en petites surface, sous serres, ou en verger avec le changement de la position de la rampe en verticale, pour réaliser un jet projeté sur les arbres. Le constat final de cette conception a fait ressortir a montré un inconvénient de cette rampe, elle consomme des grandes quantités de produits, le réglage de débit reste un souci majeur, ce qui nous a pousser à réfléchir au nouveau système de régulation de débit **PWM**. Ce dernier, est un système dans l'agriculture de précision, conçu par le système d'Arduino, après sa réalisation et son montage sera possible sur la majorité des pulvérisations conventionnelle avec rampes a jet projeté, il peut offrir une bonne opportunité pour moderniser le parc national des pulvérisateurs a jet projeté. Ce système n'est pas couteux par rapport aux budgets de nos agriculteurs, avec leurs petits moyens de matériels et de surfaces.

Enfin, il existe d'autres facteurs influençant la qualité de la pulvérisation tels que le type de produit, la dose, et le moment d'intervention. Tout ça nous a conduits à pousser notre étude vers un test d'efficacité sur terrain de trois produits insecticide homologués par l'**INPV**, en lutte contre le psylle du poirier avec l'utilisation d'une rampe a pulvérisation pneumatique. Les résultats obtenus ont montré que l'efficacité dans la lutte contre le psylle du poirier est obtenue avec de la substance de l'**AMITRAZE** avec une dose de **3,5** litre / hectare. Economiquement, le choix de la meilleure dose est très important pour ne pas gaspiller le produit, et qui sont très chère, notamment la substance de l'**ABAMECTINE**. Les agriculteurs algériens considèrent qu'une dose importante signifie une mortalité de 100% du ravageur, ce qui est vraisemblablement faux. Durant nos tests, on a utilisé les trois doses de produits qui sont préconisés par les fabricants, et toutes les doses se sont avérées efficaces contre le ravageur mais avec des degrés de résultats différents.

Les travaux menés jusque-là ouvrent des perspectives diverses, dont certaines sont complémentaires à la problématique traitée ici et d'autres sont d'un horizon plus lointain. L'enjeu de notre thèse est la diminution de l'utilisation des produits phytosanitaires pour le traitement des plantes, cette dernière est devenue une action phare et primordiale, qui doit conduire à une réduction de la pollution de l'environnement et à une diminution des coûts. Pour satisfaire ces conditions, nous avons mené des travaux au niveau des parcelles et à

l'échelle de la feuille, afin de définir les paramètres d'une pulvérisation optimale. Cependant, notre étude a remplacé les feuilles des plantes par des papiers hydro sensibles, non représentatifs de la texture des feuilles et donc de l'interaction avec les produits pulvérisés. De même, nous utilisons souvent un spectrophotomètre pour la quantification du produit retenu sur la feuille. Afin d'améliorer la qualité de ce travail, l'analyse de l'image constitue un outil intéressant, elle peut apporter un ensemble d'outils opérationnels qui permettent d'analyser la surface des feuilles à partir des images. Un ensemble de paramètres doivent être défini en se basant sur des études expérimentales et l'analyse de l'image pour caractériser une pulvérisation optimale. Aussi, des modèles statistiques doivent être élaborés pour permettre de prédire la quantité de produit retenu par la feuille ainsi que la surface occupée par les gouttelettes pulvérisées.

En outre, nos tests ont été réalisés sur des surfaces planes, situation que l'on ne retrouve pas dans la réalité. Il est également important de développer dans le futur, une méthode basé sur le traitement d'image, permettant de quantifier et d'estimer le volume pulvérisé sur la feuille à partir de la surface occupée par les gouttes.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] **Abdallah el-A et al. 2004** : Conception et évaluation d'un prototype de pulvérisateur agricole motorisé et roulant .laboratoire de machinisme agricole, Rabat, 2004,4p. (en ligne) : <http://www.vulgarisation.net/121.pdf>.
- [2] **Acta.2015**: phytosanitary index acta - 51 Th edition -pp 13.14. acta.2015 - phytosanitary index acta - 51 th edition -pp 13.14.

- [3] **Anonyme, 2018:** <http://www.busesdepulverisation.fr/buses/c%C3%B4ne-creux/buses-spirales>.
- [4] **Al Heidary M., Douzals J.P., Sinfort C., Vallet A., 2014:** Influence of nozzle type, nozzle arrangement and side wind speed on spray drift as measured in a wind tunnel, AgEng 2014, Jul 2014, Zurich, Switzerland. 7 p., 2014
- [5] **Alphyte (2017),** Formulation & commercialisation de produits phytosanitaires.
- [6] **Amara M., 2007 :** contribution à la modélisation interface outils aratoires du sol, optimisation de la forme et de l'effort de résistance à la traction des charrues à socs et des outils à dents. These .doctorat.agr.ENSA.El Harrach ,algerie.
- [7] **AMAZONE,2018:**<http://go.amazone.de/agritechnica/2017/nouveautes/technique-de-protection-phytosanitaire/pulv%C3%A9risateur-tra%C3%ACn%C3%A9ux-amaspot/>
- [8] **ANDI, 2015 :** Monographie de la wilaya, ANDI.com , agence nationale de développement de l'investissement.
- [9] **Andral B, 1996 :** données sur le comportement et les effets des produits phytosanitaires dans l'environnement. R.INT.DEL /96.03/Issy les Moulineaux.
- [10] **Anonyme., 2008 :** section 3, une pulvérisation uniforme, 2008, p27. (en ligne) : http://perso.menara.ma/fadil_itshm/pulverisateurs.htm
- [11] **Anonyme, 2017:** <http://www.larousse.fr/archives/grande-encyclopedie/page/8094>.
- [12] **API, 2017 :** PWM OU LA RÉGULATION AU NIVEAU DE LA BUSE <https://beapi.coop/actu/pwm-regulation-niveau-de-buse/>
- [13] **ARVALIS, 2012 :**
- [14] **Asman, W., Jørgensen, A. ET Jensen, P., 2003:** Dry deposition and spray drift of pesticides to nearby water bodies. Tech. rep., Danish Protection Environmental Agency.
- [15] **Bahrouni, 2012:** https://www.researchgate.net/figure/Comportement-physique-du-jet-au-voisinage-des-buses-en-presence-dun-vent-relatif_fig9_45456822;
- [16] **Bayer, 2018 :** [bayer https://www.cropscience.bayer.be/fr-FR/media/Bayer%20CropScience/Country-Belgium-](https://www.cropscience.bayer.be/fr-FR/media/Bayer%20CropScience/Country-Belgium-)
- [17] **Bèche M.2015 :** Essai de l'efficacité sur terrain de trois produits insecticides homologués en Algérie contre *Cacopsylla pyri* (psylle de poirier) dans la région de l'Arbaa. Mem,Master,Université de boumerdès, 2015.
- [18] **Belhadef A., Vallet A.,Anselmet F.,2005 :**Contribution to spray modelling agricultural: atomization and transport,
- [19] **Bendjamin P. 2016 :** pulvérisateur, réduire la dérive avec des buses rapprochées, perspective agricole, septembre 2016
- [20] **Benjamin P., 2018 :** Avis d'expert sur les buses PWM ; *responsable du pôle flores adventices chez Arvalis. Cuma, France ?*
- [21] **Benjamin P., et Damien G, 2016 :** perspective agricole, les nouvelles techniques de la pulvérisation agricole.

- [22] **Bouhach M., 2017** : Adjuvant pour herbicides ; quelle adjuvant pour quelle situation ? , agriculture du Maghreb, 06,2017. Maroc.
- [23] **Boukhalfa H., 2016**: Characterization of the spatial distribution of the jets of spraying: contribution to risk assessment pollution of the natural environment, PhD in Agricultural Sciences Specialty: Agricultural Machinism, biskra university/Algeria.
- [24] **Blondeau, 2017**, Optimiser la pulvérisation **MAJ Oct 2017**.
- [25] **Carole S., 2006**: Coupling between experimental research and modelling for the optimization of spraying processes agricultural, Génie des procédés. Université Montpellier II - Sciences et Techniques du Languedoc/France.
- [26] **CAZELLES O., HASLER T., 2006** : Maladies à mycoplasmes du pommier et du poirier, Suisse, Station de recherche Agro scope RAC et FAW Wädenswil, fiche .520, 3p.
- [27] **CEMAGREF, 2007** : <http://demo.berthoud-cms.terre-net.net/francais/la-gamme/buses/buse-a-fente-599.aspx>.
- [28] **CEMAGREF, 1990** : LES APPAREILS DE TRAITEMENTS DES CULTURES ET DES SOLS.
- [29] **CEMAGREF, 2017** : <http://www.caruelle-nicolas.com/arboriculture/les-buses-a-turbulence>
- [30] **CHALABI M., 2009** : des pesticides dans vos assiettes, le quotidien d'Oran.
- [31] **Chevrier C., De Rudnicki V., Ruelle B., et Créte X., 2013** : Les nouvelles technologies pour réduire les quantités de produits phytosanitaires et leurs impacts sur l'environnement. Innovations Agronomiques 28 (2013), 101-111.
- [32] **CLIMATE-DATA, 2016** :
- [33] **COLIN F., 2016** : condition de fixation et dégradation du cuivre et des produits phytosanitaire dans le sol.
- [34] **Dow agro sciences ,2014** : Treflan™ E.C.Herbicide , Dow AgroSciences Canada Inc.,P9 .
- [35] **Drik beats, 2018**: Forward farming field academy, water protection training .Module 2, and technique de pulverization.
- [36] **Cuma Bretagne., 2007** : Démonstration pulvérisateur, dossier technique, 2007.p5. (En ligne):<http://www.ouest.cuma.fr/document/machinismeenvironnement>.
- [37] **CUMA, 2018** : Pulvérisation de précision .Appliquer la bonne dose, au bon ENDROIT.
- [38] **DECLERQ B., 2009** : les fixations des LMR, les réglementations des résidus de pesticides et leurs impacts sur les échanges commerciaux .colloque international sur la gestion des risques phytosanitaire Marrakech, Maroc.440-447.
- [39] **Denoirjean** : Pulvérisation. Que d'évolutions ! ITCF - Céréaliers de France, Perspectives Agricoles - n°234 - Avril 1998. (en ligne) : <http://www.montpelliercemagref.fr/doc/these/ht/Lardoux.pdf>.
- [40] **De ravel d'escalopon G., 1967** : Traité pratique d'arboriculture fruitière méridionale, à l'usage des agriculteurs, des professeurs et élèves des lycées agricoles ,481p
- [41] **Dobson H- M., 2004** : Type de pulvérisateur ,2008. <http://fao.org/ag/locust/cummon/ecg/340-en-blg-f.pdf>.

- [42] **Dreyfus J., Roussel M. ,2007** : Fiche technique sur Le psylle commun du poirier, Du service régional de la protection des végétaux de Haute-Normandie, 1p Dreyfus J., Roussel M. ,2007- Fiche technique sur Le psylle commun du poirier, Du service régional de la protection des végétaux de Haute-Normandie, 1p.
- [43] **E l a i s s a o u I A.,2014** :The basics of the rational application of plant protection products, a practical guide for agricultural operators agricultural machinery laboratory, INRA, BP 589, Settat/Morocco.
- [44] **EL HAITOUM Ahmed ,1985** : étude comparative des paramètres quantitatifs et qualitatifs du jet projeté sous buses de turbulence et sous buses a fente a système de régulation a dent constant ; thèse de magister, d'ensa, d'el Harrach ,1985 .
- [45] **Energie plus. 2008** : Energie plus, cours technique.2008(en ligne) : <http://www.energie.wallonie.be/enrgieplus/CDRom/ventilation/equipement/venenequventilateur.htm>.
- [46] **Eric H, Marcel A, 1998** : Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens, Biotechnologie .Agron.Soc.Environ. ,2(3), pp 161-174.
- [47] **Fanny L., 2014** : Etude des effets liés à l'exposition aux insecticides chez un insecte modèle, Drosophila melanogaster. Sciences agricoles. Université d'Orléans, 2013. Français.
- [48] **FAO., 2008** : FAO, directives sur la bonne pratique de l'application terrestre de pesticides (en ligne) : <http://www.fao.org/doc.rep/007/y1800f/d1y1800/d07.htm>.
- [49] **Foster,W.A., Kimberley M. O., Zabkiewicz J., 2005**: A journal spray droplet adhesion model, Transactions of ASAE 48, 1321 -1330.
- [50] **Frédéric Jean, René Mazet, Franck Rei ,Alain Chalon et Henry Picot ,2004** : method d'appréciation d'efficacité d'un produit phytosanitaire en forêt : la coprométrie . Cah.Tech. I.N.R.A., 2004 53, 9-13
- [51] **Hassouna B., 2010**: characterization of the technical efficiency of spray systems and pesticide losses applied to low crops in the Mediterranean region, case of Tunisia, process engineering. International Center for Advanced Studies in Agricultural Sciences "Montpellier Sup Agro», /INAT/Tunisia.
- [52] **Hassouna B., 2007** : Pertes de pesticides pendant les traitements phytosanitaires en grandes cultures dans les conditions tunisiennes. STIC & Environnement.2007.p5. (En ligne) :<http://www.thermexcel.com>.
- [53] **Hohn.H, Lahusen.A, Eder.R, Acermann.T, Erance.L, Hoplt.U, et Samietz.J., 2007** : Regulation de psylle du poirier, Recherche agroscope changins wadenswil acw Cp 185, 8885 wadenswil.vol.39(3) :169-176
- [54] **Holterman H.J., van de Zande J.C., Porskamp H.A.J., Huijsmans J.F.M , 2017**: Modeling Spray Drift from Boom Sprayers » . Computers and electronics in agriculture 19 (2017) pp.1-22.
- [55] **Karim H., 2001** : Matériel de protection phytosanitaire des céréales.PNTA, Rabat, 2001, p7. (en ligne) :<http://www.vulgarisation.net/78.pdf>.
- [56] **IAG, 2014** : Traitements phytosanitaires : les clés pour un maximum d'efficacité Aspects produits, Séances d'informations phytosanitaires, février 2014.
- [57] **INPV ,2015** : index phytosanitaire a usage agricole, inpv, Algérie.

- [58] **INERIS, 2005** : Détermination des pesticides à surveiller dans le compartiment aérien : approche par hiérarchisation synthèse du comité de pilotage verneuil-en-halatte, oise. Tech. rep., INERIS ,France.
- [59] **ITFC ,2007** : Technique de pulvérisation, Essai de technique de pulvérisation ITFC, phytofar, CRA Gembloux, 2007,72p (en ligne) : <http://www.phytofar.be/fr/pdf/presse-squittechnichfr.pdf>.
- [60] **Jagers, O., Akkerhuis, G. J. M. et Axelsen, J. A., 1998**: Towards predicting pesticide deposition from plant phenology; a study in spring barley. Pestic. Sci. 53, 252_262.
- [61] **JOHN D., 2018** :Tank and sprayer control , [www.john derre .com](http://www.john.derre.com)
- [62] **Lardoux Y. 2002** : Etude de la répartition au sol des produits phytosanitaire sous une rampe en mouvement à partir d'une modélisation dynamique –application à la définition de méthode d'évaluation des pulvérisateurs a jets projetés. Thèse doctorat, Montpellier, 2002.334p, <http://www.montpelliercemagref.fr/doc/publication/these/ht/Lardoux.pdf>.
- [63] **Lardoux ., 2002** : Les Matériels de fertilisation et traitement des cultures – Technologies de l'agriculture. Collection FORMAGRI, Coédition Cemagref -ITCF FNCUMA - Lavoisier Tec et Doc, 1997, 343 p. <http://www.montpelliercemagref.fr/doc/publication/these.pdf>.
- [64] **LECLERCQ C. et BEAUVAIS L., 2013** : Evaluer les effets de changements de pratiques : le cas de la réduction de l'usage des produits phytosanitaires. INRA, France ,2013.
- [65] **Magali D.L.,2007** : Contribution to the modeling of the spraying of a phytosanitary liquid in order to reduce pollution, PhD Thesis, University of the Mediterranean - Aix-Marseille II / France.
- [66] **MARCHANT J .A., 1977** : Calcul de la trajectoire des gouttelettes, Journal of Agricultural Eng .g.22.90pp.
- [67] **Marine et Frédéric, 2014** : fiche technique, optimisation de la pulvérisation, Chambre d'Agriculture du Puy-de-Dôme et ecophyto.
- [68] **Matrat, 2008** : Dossier grandes cultures : la stabilité de la rampe, 2008, 2p. (en ligne) : [http://www.matrat-france.fr/fichier/1/dossier stabilité de rampe.pdf](http://www.matrat-france.fr/fichier/1/dossier%20stabilit%C3%A9%20de%20rampe.pdf).
- [69] **Massinon M., Lebeau F., 2013**: Review of physicochemical processes involved in agrochemical spray retention. Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 17 (3), pp 494-504.
- [70] **Massinon M., Boukhalfa H.H., Marechal P., Lebeau F., 2012**: the Effect of Leaf Orientation on Spray Retention on Blackgrass. In: Proc. 11th Int. Conf. Precision Agriculture. Indianapolis, USA.
- [71] **Mercer, G. and Sweatman, W. 2006**: Process driven models for spray retention of plants.
- [72] **Mohammed Z.,2008** : Etude et réalisation d'une rampe de pulvérisation pneumatique.mem,ing, ensa d'el harrach.2008.
- [73] **Mohammed Z.,et Beche M.,2015** : caractérisation du secteur des traitements phytosanitaires dans la région de Mitidja ;
- [74] **Mohammed Z., Kaci F., Boudhar L., 2017**: Study and design of a pneumatic spray boom with slot nozzle, International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 8, Issue 1, January-2017 2121.
- [75] **Mohammed Z., 2017** : Réussir les traitements phytosanitaires en Algérie,

- [76] **Mohammedi Z., Boudhar L., et Feddal M. A., 2018** : Les méthodes de production d'agrumes en Algérie. Première école d'hiver de formation sur l'écoconception et l'environnement.
- [77] **MOUSSAOUI k, R. BOUSSAHEL, Y. TCHOULAK*, O. HAOUCHINE*, M. BENMAMI, N. DALACHI ,2001** : utilisation, évaluation et impacts des pesticides en Algérie,
- [78] **Michel M, Didier F, Nicole P, .1985** : Mécanismes physiologiques de la résistance des insectes aux insecticides, Institut National de la Recherche Agronomique, 123 boulevard Francis Meilland, B.P. 78, 06602 Antibes, n°4, pp273-280
- [79] **Mustapha B. ,2007** :L'usage immodéré des pesticides : Des graves conséquences sanitaires, Le guide de la médecine et de la santé en Algérie, santemaghreb.com
- [80] **Nuyttens D., 2007**: Drift from field crop sprayers: The influence of spray application technology determined using indirect and direct drift assessment means, PhD, KUL.
- [81] **Nuyttens, D., Baetens, K., De Schampheleire, M., and Sonck, B., 2007**: Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics.
- [82] **ONG,2018** : Environment working group, USA;
- [83] **Ozkan, H., 1991**: Reducing spray drift. Tech. rep., OSU Extension Bulletin 816. Ohio State. University Extension, Columbus, Ohio.
- [84] **Patric V et al. 2008** : Les cours techniques, 2007. (En ligne) : http://www.meca.polymil.ca/convectin/web/cours/mec4100TP_mes4100.pd
- [85] **Pierre-Yves Y., 2007** : Direct injection spray, ARVALIS - Plant Institute, perspectives agricoles, N ° 335, juin 2007.
- [86] **Poissonet R., 2016** : trucs et astuces, à pulvérisateur bien réglé, verger mieux traité !, arboriculture fruitière, magazine des producteurs de fruit .N° :700, pp 25.
- [87] **Raphaël L ., 2018** : Spraying Systems Deutschland GmbH. Expert in spray technology; Milti -lube.com /fr.
- [88] **R.E.C.A., 2013** : Fiche conseil pour la matière active : Abaméctine (acaricide -insecticide), Rédaction équipe technique RECA et atelier de validation PPAAO, pp1-2.
- [89] **Reyssat, M., Pépin, A., Marty, F., Chen, Y., and Quéré, D., 2006**: Bouncing transitions on microtextured materials. Europhysics Letters (EPL), 74(2) :306–312
- [90] **RGA, 2003** : RECENSEMENT GENERAL DE L'AGRICULTURE – 2001. Rapport général des résultats définitifs. DIRECTION DES STATISTIQUES AGRICOLES ET DES SYSTEMES D'INFORMATION. Juin 2003 .
- [91] **Roch lavoie , Raymond-Marie duchesne et Yvon Brochu ,2002** : Pesticides agricoles moins et mieux , je passe à l'action , je règle mon pulvérisateur à rampe . Institut de technologie agroalimentaire de la pocatière ; canada.
- [92] **SDG ,2017** : sustainable development goals <https://sustainabledevelopment.un.org/?menu=1300>
- [93] **Sébastien C., Jean-Paul D., Alexandre d., Gérard C.,Sébastien D . , et Nathan W., 2012** : Doses de produits phytos autorisées sur vigne en Europe, vont-elles s'harmoniser ? Comparer la

- France et quatre autres pays européens permet de proposer des pistes pour harmoniser l'expression des doses. Phytoma N° 656 août-septembre 2012.
- [94] **Sauphanor B. et Stäubli A., 1994** : Evaluation au champ des effets secondaires des pesticides sur *Forficula auricularia* et *Anthocoris nemoralis*: validation des résultats de laboratoire. *OILB/SROP Bulletin* 17 (10), 125-131.
- [95] **SIDDRA, 2016**: <http://www.fertiberia.com/es/agricultura/servicios-al-agricultor/analisis>.
- [96] **Syngenta Group Company., 2010** : Vertimec, Insecticide contre des ravageurs dans les plantes ornementales, des cultures maraîchères, des poiriers et des fraises, Syngenta Agro AG, 8157 Dielsdorf, pp1.
- [97] **Teske, M. E., Bird, S. L., Esterly, D. M., Curbishley, T. B., Rey, S. L., Perry, S. G., 2002**. Ag-DRIFT: a model for estimating near-field spray drift from aerial applications. *Environmental Toxicology and Chemistry* 21 (3), 659_671.
- [98] **Thomas Decourselle 2014** : Etude et modélisation du comportement des gouttelettes de produits phytosanitaires sur les feuilles de vignes par imagerie ultra-rapide et analyse de texture. Université de Bourgogne ,157 P.
- [99] **Thybaud E., 1997** : Effets des produits de pulvérisation sur l'environnement : Apport de l'écotoxicologie. Eurodeur 1997, Jun 1997, Paris, France. pp.NC, 1997.
- [100] **Trautmann M., 2005**: Der Birnblattsauger steine erfolgreiche Bekämpfung ohne Mitacmöglich? *Obstbau* 5, 273-278.
- [101] **Verpont F., Sagnes J.L. 2016** : flux d'air ,ne pas négliger la qualité de ventilation ,l'arboriculture fruitière .le magazine des producteurs de fruits ,N700,pp 26.
- [102] **Vincent L ., 2017** : Équipements de gestion des ennemis de cultures et mauvaises herbes en grandes cultures. COLLOQUE CÉRÉALES À PAILLE ET CANOLA.CANADA.
- [103] **WHO, 2008** : Des traces de pesticides dans 3/4 des fruits.
- [104] **Zabkiewicz J.A., 2007**: Spray formulation efficacy - holistic and futuristic perspectives. *Crop Prot.*, 26, pp 312-319.
- [105] **Zerrout A., 2016**: Experimental and Numerical study of a multi-turbulent jet system Impactant-PhD thesis, UNV, Chlef, Algérie, 102p.
- [106] **Zidani L ., 2014** : Effet de la dose de semis de blé dur sur les paramètres de rendement dans la région de sétif.mem,igen,université de setif.2014

Annexes

Annexe 1.1 : Fiche d'enquête sur l'utilisation du glyphosate en Algérie.

Fiche d'enquête

Enquête sur l'utilisation de glyphosate en agriculture

Madame/Monsieur : Dans le cadre de la préparation d'une Thèse de Doctorat et afin de collecter les informations relatives à l'utilisation des herbicides à base de glyphosate pour la lutter contre les différentes adventices de culture dans la région de Mitidja (Algérie). Veuillez madame/monsieur, de bien vouloir répondre à ce questionnaire

Informations générales

Région			
Wilaya			
Commune			
Nom d'exploitation			
Nom et prénom d'l Agriculteur			
Superficie de l'exploitation (Ha)			
Statu juridique de l'exploitation	Privé		
	EAI		
	EAC		
	FERME PILOTE		
	LOCATAIRE		
Type de culture	Céréales	Semis D	Semis C
	Arboriculture	Classique	
		Moderne	
	Maraichère	Sous serre	
		Plaine champs	
	Autres		
Pomme de terre	saison		
	Arrière saison		
les variétés	Type	Genre	
Système d'irrigation			
Méthode de fertilisation			
Méthode de préparation du sol			

AUTRES QUESTIONS

- Est-ce que vous utilisez les herbicides :
- Quelle est l'herbicide que vous utilisez :
- Est ce que vous utilisés le glyphosate :
- Pour quelle culture :
- Pour quelle Période :
- Est ce que vous utilisés un produit d'origine ou générique
- Dites quelle est la raison qui vous pousse à choisir un produit d'origine ou un générique
- Quelle superficie traitez-vous au cours d'une campagne agricole
- -Combien de traitement faites-vous par saison agricole
- A quelle mois faites vous le premier traitement et le dernier traitement

Annexe 1.2 : Fiche technique de l'herbicide total à base de Glyphosate.

Description		
Composition :	Contient 450 G/L Glyphosate	
Numéro d'Homologation :	05 43 087	
Emballage :	Flacon de 1 Litre	
Firme :	MONSANTO	
Caractéristiques		
Formulation :	Suspension Liquide Concentrée (SL)	
Famille Chimique :	Amino-phosphonates	
Mode d'action :	Herbicide Foliaire Systémique (Non sélectif prêt à l'emploi)	
Utilisation		
Usages homologués :	Doses :	Observation :
Vigne et des arbres fruitiers :	Adventices	2 à 4,5 L/ha
Allées, parcs, jardins & trottoirs :	Adventices	2 à 4,5 L/ha
Désherbage total	4,5 L / Ha	
Remarque		
Volume de bouillie 300 l d'eau / ha.		
Ne mélanger ROUNDUP Turbo à aucun produit en dehors des préconisations de Monsanto.		
Roundup Turbo est prêt à l'emploi, pas d'ajout d'adjuvant.		
Roundup Turbo permet de traiter plus de surface avec moins de produit.		
N'appliquer la spécialité Roundup Turbo que quand les adventices sont en conditions très poussante.		
Délai avant travail du sol :		
– 1 heure pour les adventices annuelles.		
– 4 jours pour les adventices vivaces.		
Roundup Turbo agit tout de suite même si les symptômes visibles n'apparaissent pas tout de suite		

Treflan™ E.C.

Herbicide

GROUPE	3	HERBICIDE
---------------	----------	------------------

Herbicide liquide sélectif incorporé au sol en présemis pour la suppression des mauvaises herbes dans bon nombre de grandes cultures, de légumes et de plantes ornementales.

AGRICOLE

LIRE L'ÉTIQUETTE ET LE LIVRET AVANT L'UTILISATION
GARDER HORS DE LA PORTÉE DES ENFANTS

GARANTIE : trifluraline 480 g/L
Concentré émulsifiable

N° D'HOMOLOGATION 23933 LOI SUR LES PRODUITS ANTIPARASITAIRES

NOCIF SI AVALÉ OU ABSORBÉ PAR LA PEAU
SENSIBILISANT CUTANÉ POTENTIEL

ATTENTION : L'INOBSERVATION DES DIRECTIVES APPARAISSANT SUR L'ÉTIQUETTE PEUT ENTRAÎNER UNE SUPPRESSION IRRÉGULIÈRE DES MAUVAISES HERBES OU CAUSER DES DÉGÂTS AUX CULTURES. LIRE ATTENTIVEMENT LES INSTRUCTIONS AVANT LA PULVÉRISATION.

UTILISATION DE L'HERBICIDE TREFLAN E.C. POUR LES OLÉAGINEUX ET LES CULTURES SPÉCIALES

Doses recommandées de l'herbicide Treflan E.C.

Culture	Zone de sols et matière organique	Textures du sol	
		Légère	Moyenne ou lourde
		Sable loam sableux	loam, loam limono-argileux loam limoneux, loam argileux, limon, argile limoneuse, loam sablo-argileux, argile
Printemps colza canola, colza canola résistant aux triazines, moutarde, haricots communs secs (blancs ou rouges), soya, féveroles (faba), fèves noires, pois, tournesol, carthame, crambe, luzerne, sainfoin, mélilot	brun, brun foncé ou noir de 2 à 6 % de matière organique	1,7 L/ha	2,3 L/ha
	noir ou noir foncé de 6 à 15 % de matière organique	2,3 L/ha	de 2,3 à 3,0 L/ha (utiliser une dose de 3,0 L/ha en cas d'infestation importante de folle avoine)
Été colza canola, colza canola résistant aux triazines, lin, carthame	brun, brun foncé, noir ou noir foncé	non recommandé	3,4 L/ha
Automne colza canola, colza canola résistant aux triazines, moutarde, haricots communs secs (blancs ou rouges), lin, soya, féveroles (faba), fèves noires, pois, lentilles, tournesol, carthame, luzerne	brun, brun foncé ou noir de 2 à 6 % de matière organique	2,3 L/ha	3,0 L/ha
	noir ou noir foncé de 6 à 15 % de matière organique	3,0 L/ha	3,0 à 3,4 L/ha (utiliser une dose de 3,4 L/ha en cas d'infestation importante de folle avoine)

Note : La première incorporation du produit doit se faire dans les 24 heures suivant son application.

Annexe 1.1 : Fiche d'enquête sur l'utilisation du glyphosate en Algérie.

Fiche d'enquête Enquête sur l'utilisation de glyphosate en agriculture	
Madame/Monsieur : Dans le cadre de la préparation d'une Thèse de Doctorat et afin de collecter les informations relatives à l'utilisation des herbicides à base de glyphosate pour la lutter contre les différentes adventices de culture dans la région de Mitidja (Algérie). Veuillez madame/monsieur, de bien vouloir répondre à ce questionnaire	

Informations générales			
Région			
Wilaya			
Commune			
Nom d'exploitation			
Nom et prénom d'l Agriculteur			
Superficie de l'exploitation (Ha)			
Statu juridique de l'exploitation	Privé		
	EAI		
	EAC		
	FERME PILOTE		
	LOCATAIRE		
Type de culture	Céréales	Semis D	Semis C
	Arboriculture	Classique	
		Moderne	
	Maraichère	Sous serre	
		Plaine champs	
Autres			
Pomme de terre	saison		
	Arrière saison		
les variétés	Type	Genre	
Système d'irrigation			
Méthode de fertilisation			
Méthode de préparation du sol			
AUTRES QUESTIONS			
• Est-ce que vous utilisez les herbicides :			
• Quelle est l'herbicide que vous utilisez :			
• Est ce que vous utilisés le glyphosate :			
• Pour quelle culture :			
• Pour quelle Période :			
• Est ce que vous utilisés un produit d'origine ou générique			
• Dites quelle est la raison qui vous pousse à choisir un produit d'origine ou un générique			
• Quelle superficie traitez-vous au cours d'une campagne agricole			
• -Combien de traitement faites-vous par saison agricole			
• A quelle mois faites vous le premier traitement et le dernier traitement			
• Est ce que vous utilisés un produit d'origine ou générique			
• Dites quelle est la raison qui vous pousse à choisir un produit d'origine ou un générique			
• Quelle superficie traitez-vous au cours d'une campagne agricole			
• -Combien de traitement faites-vous par saison agricole			
• A quelle mois faites vous le premier traitement et le dernier traitement			

Annexe 1.2 : Fiche technique de l'herbicide total à base de Glyphosate (monsanto, 2018).

Description
Composition : Contient 450 G/L Glyphosate
Numéro d'Homologation : 05 43 087
Emballage : Flacon de 1 Litre
Firme : MONSANTO
Caractéristiques
Formulation : Suspension Liquide Concentrée (SL)
Famille Chimique : Amino-phosphonates
Mode d'action : Herbicide Foliaire Systémique (Non sélectif prêt à l'emploi)
Utilisation
Usages homologués : Doses :
Vigne et des arbres fruitiers : Adventices 2 à 4,5 L/ha
Allées, parcs, jardins & trottoirs : Adventices 2 à 4,5 L/ha
Désherbage total 4,5 L / Ha
Remarque
Volume de bouillie 300 l d'eau / ha.
Ne mélanger ROUNDUP Turbo à aucun produit en dehors des préconisations de Monsanto.
Roundup Turbo est prêt à l'emploi, pas d'ajout d'adjuvant.
Roundup Turbo permet de traiter plus de surface avec moins de produit.
N'appliquer la spécialité Roundup Turbo que quand les adventices sont en conditions très poussante.
Délai avant travail du sol :
– 1 heure pour les adventices annuelles.
– 4 jours pour les adventices vivaces.
Roundup Turbo agit tout de suite même si les symptômes visibles n'apparaissent pas tout de suite.

Annexe 1.3 : Fiche signalétique de l'herbicide sélectif tréflan (Dow agrosociences, canada, 2018)

 **Dow AgroSciences**
Treflan™ E.C.
Herbicide

GROUPE	3	HERBICIDE
--------	---	-----------

Herbicide liquide sélectif incorporé au sol en présemis pour la suppression des mauvaises herbes dans bon nombre de grandes cultures, de légumes et de plantes ornementales.

AGRICOLE

LIRE L'ÉTIQUETTE ET LE LIVRET AVANT L'UTILISATION
 GARDER HORS DE LA PORTÉE DES ENFANTS

GARANTIE : trifluraline 480 g/L
 Concentré émulsifiable

N° D'HOMOLOGATION 23933 LOI SUR LES PRODUITS ANTIPARASITAIRES

NOCIF SI AVALÉ OU ABSORBÉ PAR LA PEAU
SENSIBILISANT CUTANÉ POTENTIEL

ATTENTION : L'INOBSERVATION DES DIRECTIVES APPARAISSANT SUR L'ÉTIQUETTE PEUT ENTRAÎNER UNE SUPPRESSION IRRÉGULIÈRE DES MAUVAISES HERBES OU CAUSER DES DÉGÂTS AUX CULTURES. LIRE ATTENTIVEMENT LES INSTRUCTIONS AVANT LA PULVÉRISATION.

CONTENU NET : 9,45 L, 115 L, 700 L

HERBICIDE TREFLAN E.C. UTILISÉ SUR DES POMMIERS, ABRICOTIERS, CERISIERS, PÊCHERS, PRUNIERIERS ET POIRIERS DE PREMIÈRE ANNÉE

Appliqué et incorporé avant la transplantation des arbres fruitiers, l'herbicide Treflan E.C. supprimera la plupart des graminées annuelles et bon nombre de mauvaises herbes à feuilles larges. Pour supprimer d'autres mauvaises herbes, on peut mélanger en réservoir l'herbicide Treflan E.C. avec l'herbicide Sencor. Ne pas faire plus d'une application par année.

Doses recommandées par hectare

Produit	Texture du sol		
	Légère	Moyenne	Lourde
	Sable loam sableux	loam, loam limoneux, limon, loam sablo- argileux	loam limono-argileux, argile limoneuse, loam argileux argile
Herbicide Treflan E.C.	1,2 L	1,7 L	2,4 L
Herbicide Sencor 500 F	850 mL	1,1 L	1,1 L
Herbicide Sencor 75 DF	550 g	750 g	750 g

Consulter l'étiquette de l'herbicide Sencor pour connaître le mode d'emploi et les précautions spéciales à observer.

AVIS À L'UTILISATEUR : LIRE CE QUI SUIT AVANT D'APPLIQUER CE PRODUIT POUR L'USAGE SPÉCIAL INDIQUÉ : Le MODE D'EMPLOI de ce produit pour le ou les usages spéciaux décrits ci-dessous a été rédigé par des personnes autres que Dow AgroSciences Canada Inc. et est homologué par Santé Canada dans le cadre du Programme d'extension du profil d'emploi pour les usages limités demandés par les utilisateurs. Dow AgroSciences Canada Inc. ne formule aucune allégation ni n'offre aucune garantie concernant l'efficacité du produit ou la tolérance des cultures (phytotoxicité) lorsque ce produit est employé sur les cultures figurant ci-dessous.

En foi de quoi l'utilisateur assume tous les risques relatifs à l'efficacité du produit et à la tolérance des cultures, et il accepte de dégager Dow AgroSciences Canada Inc. de toute responsabilité liée à des réclamations relatives à l'efficacité ou à la phytotoxicité du produit lorsque celui-ci est appliqué aux fins des usages décrits sur la présente étiquette.

Annexe 1.4 : Les herbicides à base du glyphosate homologués en Algérie (Index phytosanitaires de l'INPV, 2015)

Nom Commercial	concentration	formulation	Mauvaises herbes	Cultures	Doses d'utilisation	Firmes
AGRI-WEED KILL 360 SL	360 G/L	SL	Adventices	Arboricultures fruitières	3-4 L/Ha	AGRIMAR LTD
CEROSATE 41 % SL	480 G/L	SL	Adventices	Vigne	3-5L/Ha	EPE ALPHYT SPA ALGERIE
DISS STOP	360 G/L	SL	Adventices annuelles / bisannuelles / pérennes	Palmier dattier/ Vigne/ Arboriculture fruitière/ Agrumes	6-9 L/Ha	HOCKLEY INTERNATIONAL LTD.
FORTIN SL	360 G/L	SL	Adventices vivaces	Arboriculture fruitière	6-9 L/ha	INDUSTRIAL QUIMICA KEY
			Orobanche	Fève/haricot	3-6 L/Ha	
FREELAND 480 SL	480 G/L	SL	Adventices Graminées/ Dicotylédones Annuelles et Bisannuelles	Vigne	2 L/Ha	DOW AGROSCIENCE
GLYFONUT 36 SL	360 G/L	SL	Adventices Annuelles Dicotylédones et Graminées	Arbres Fruitiers / Agrumes/ Vigne	Arbres Fruitiers / Agrumes/ Vigne	PORPORAS SA
GLYFOZELL 36 SL	360 G/L	SL	Adventices annuelles dicotylédones et graminées	Arbres Fruitiers / Agrumes/ Vigne	4-6 L/ha	ZELL CHIMIE INTERNATIONAL
GLYPHOTOP	360 G/L	EC	Adventices graminées et dicotylédones (annuelles et vivaces)	Arbres fruitiers/vigne de plus de 4 ans	2-3 L/ha	LIMAGRI FRANCE
				Palmier dattier	6-9 L/ha	
GLYPHOS 320SL	360 G/L	SL	Adventices annuelles, bisannuelles et Pérennes	Céréales pré-moisson	1,5 L /ha	CHEMINOV
				Vigne/Palmier dattier/ Arboriculture Fruitière/Agrumes	6-9 L/ha	
GLATIRINE	480 G/L	SL	Adventices annuelles	Arboriculture fruitière / Vigne	2-4 L/Ha	ATI
			Adventices vivaces		4-6 L/Ha	
GLITAN	360 G/L	SL	Adventices	Vigne/ Arboriculture fruitière/Agrumes	4 - 6 L/Ha	ALCOTAN SA.
GLYPHON 360	360 G/L	SL	Adventices annuelles/ bisannuelles/ pérennes	Céréales pré-moisson	1,5 L /ha	SOCIETE INDUSTRIELLE ADONIS SAL
				Palmier dattier/Vigne/ Arboriculture Fruitière/Agrumes	6 - 9 L/Ha	
GLYPHON 480	480 G/L	SL	Adventices annuelles/ bisannuelles/ pérennes	Céréales pré-moisson	6 - 9 L/Ha	AGRICHEM AUSTRALIA
				Palmier dattier/Vigne/		

				Arboriculture Fruitière/Agrumes		
GROUND-UP	360 G/L	SL	Adventices annuelles	Vigne/arboriculture fruitière	5-10 L/Ha	VAPCO
			Adventices	Terrain non cultivé	7-8 L/Ha	
HERBASATE	360 G/L	SL	Adventices dicotylédones/ graminées	Agrumes de 4ans	6-9 L/ha	RIVALE
				Terrain non cultivés	8-10 L/ha	
KALACH	360 G/L	SL	Adventices	Agrumes âgées de plus de 4 ans	6-9 L/Ha	ARYSTA
				Terrains non cultivés	8-10 L/Ha	
MAMBA 360 SL	360 G/L	SL	Adventices Graminées/ Dicotylédones Annuelles et Bisannuelles	Arboriculture fruitière / Vigne	6-9 L/Ha	DOW AGRO SCIENCE
			Adventices	Terrain non cultivé	8-10 L/Ha	
NASA 36 SL	360 G/L	SL	Adventices	Vigne	4-12 l/ha	AGRIA SA
OURAGAN SYSTEME 4	360 G/L	SL	Adventices vivaces	Palmier dattier/Vigne	6-9 L/Ha	SYNGENTA CROP PROTECTION AG
				Arboriculture fruitière/ Agrumes		
			Adventices annuelles	Arboriculture fruitière / Agrumes	2-3 L/Ha	
			Adventices bisannuelle	Arboriculture fruitière / Agrumes	5-6 L/Ha	
				Vigne		
Adventices annuelles	Céréale	1,5 L/Ha				
PHOMAC 48 SL	480 G/L	SL	Adventices annuellesbisannuel les	Arboriculture fruitière / Vigne	4-6 L/Ha	TABUK
				Terrains non cultivés	3-5 L/Ha	
PROPER 48 SL	480 G/L	SL	Adventices annuelles/ bisannuelles/ pérennes	Agrumes / vigne	1,5 L/Ha	ANGLO GULF LTD
				Arboriculture fruitière	6-9 L/Ha	
				Sols nus	8 -10 L/Ha	
RIDASATE	360 G/L	EC	Adventices	Agrumes/ Arboriculture Fruitière/Vigne/ Palmier dattier/Zone Industrielles	6- 12 L/Ha	AAKO BV.
ROPHOSATE 480	480 G/L	SL	Adventices	Arbres Fruitiers / Agrumes/ Vigne	4-6 L/Ha	ROTAM AGROCHEMICA L Co. Ltd
				Terrain non cultivés	3- 5 L/Ha	

ROUND UP ENERGY	680 G/KG	SC	Adventices	Arboriculture fruitière/Vigne	1,5-3,5 kg/Ha	MONSANTO
				Allées/parcs /jardins/trottoirs		
ROUND UP TURBO	450 G/L	SL	Adventices	Arboriculture fruitière/Vigne	3,2-6,4 L/Ha	MONSANTO
				Allées/parcs /jardins/trottoirs	5,6 L/Ha	
TILLER 410	48%	SL	Cuscute	Carotte	2,5-6,5 L/Ha	ASTRACHEM
TRAGLI	360 G/L	SL	Adventices annuelles/ bisannuelles/ pérennes	Vigne/ Arboriculture Fruitière/ Agrumes	6 - 9 L/Ha	TRATAMIENTOS GUADALQUIVIR SL.

Sl : concentré soluble / soluble concentrate: concentré liquide homogène applicable sous forme de solution vraie de la substance active, après dilution dans l'eau.

SC : suspension concentrée (concentré fluidifiable ou flow) / suspension concentrate (flowable concentrate): suspension de substance(s) active(s) dans un liquide, qui peut contenir d'autre (s) substance(s) active(s) dissoute(s), pour emploi après dilution dans l'eau.

Ec : concentré émulsionnable / émulsifiable concentrate : concentré liquide homogène, applicable sous forme d'émulsion, après dilution dans l'eau.

Annexe 2.1 : Réglage de la rampe de pulvérisation pneumatique proposé par le fabricant sur trois débit différents de produit, Mohammedi, 2008.

Débit moyen des buses en essai 1.

Essai 1	buse 1	buse 2	buse3	buse 4	Buse 5
débit 1	184	212	219	235	190
débit 2	305	335	350	315	296
débit 3	400	422	445	420	386

Débit moyen des buses en essai 2

essai 1	buse 1	buse 2	buse3	buse 4	Buse 5
débit 1	170	200	260	240	212
débit 2	310	339	354	310	280
débit 3	386	424	449	425	400

Débit moyen des buses en essai 3.

essai 1	buse 1	buse 2	buse3	buse 4	Buse 5
débit 1	160	218	265	246	200
débit 2	310	348	360	316	295
débit 3	386	445	470	436	390

Annexe 2.2 ; Nombre de gouttelette /cm² pour le débit 1 selon les moyennes d'utilisation selon **Mohammedi ; 2008**

Hauteur 50 cm/nombre des gouttelettes /cm²

débit 1	buse 1	buse 2	buse3	buse 4	Buse 5
1	92	86	87	87	80
2	83	93	95	101	70
3	85	101	99	99	89
Moyenne	86,67	93,33	93,67	95,67	79,67

Hauteur 75 cm/nombre des gouttelettes /cm²

débit 1	buse 1	buse 2	buse3	buse 4	Buse 5
1	112	134	119	110	91
2	90	101	95	124	98
3	136	80	100	99	105
Moyenne	112,67	105,00	104,67	111,00	98,00

Hauteur 100 cm/nombre des gouttelettes /cm²

débit 1	buse 1	buse 2	buse3	buse 4	Buse 5
1	108	155	152	147	150
2	124	145	190	160	163
3	144	113	130	138	144
Moyenne	125,33	137,67	157,33	148,33	152,33

Remarque : selon Mohammedi ,2008 ; c'est le meilleur réglage pour effectuer des traitements phytosanitaires avec cette rampe et ce genre d'atomiseur en hauteur 100 cm, avec un débit 1.

Annexe 2, 3 : nombre de gouttelettes /cm² pour le débit 2 selon **Mohammedi, 2008.**

Hauteur 50 cm/nombre des gouttelettes /cm²

débit 2	buse 1	buse 2	buse3	buse 4	Buse 5
1	50	39	26	44	50
2	42	33	34	38	45
3	36	40	41	35	47
Moyenne	42,67	37,33	33,67	39,00	47,33

Hauteur 75 cm/nombre des gouttelettes /cm²

débit 2	buse 1	buse 2	buse3	buse 4	Buse 5
1	55	60	47	58	65
2	61	69	50	67	72
3	68	63	60	73	49
Moyenne	61,33	64,00	52,33	66,00	62,00

Hauteur 100 cm/nombre des gouttelettes /cm²

débit 2	buse 1	buse 2	buse3	buse 4	Buse 5
1	75	88	83	102	69
2	93	79	90	91	77
3	87	83	91	90	99

Moyenne	85,00	83,33	88,00	94,33	81,67
---------	-------	-------	-------	-------	-------

Remarque : le débit 2 et sur les 3 hauteurs, sont les mieux, adaptés aux applications phytosanitaire selon Mohammadi, 2008.

Hauteur 50 cm/ Nombre des gouttelettes /cm²

débit 3	buse 1	buse 2	buse3	buse 4	Buse 5
1	couverture totale sans ruissellement du liquide ce réglage adéquat aux acides aminés et extraits d'algues pour assurer une bonne pénétration du produit sur les feuilles				
2					
3					
Moyenne	couverture totale				

débit 3	buse 1	buse 2	buse3	buse 4	Buse 5
1	couverture totale, utile uniquement pour l'humidification des cultures dans des conditions de sécheresses extrêmes				
2					
3					
Moyenne	couverture totale				

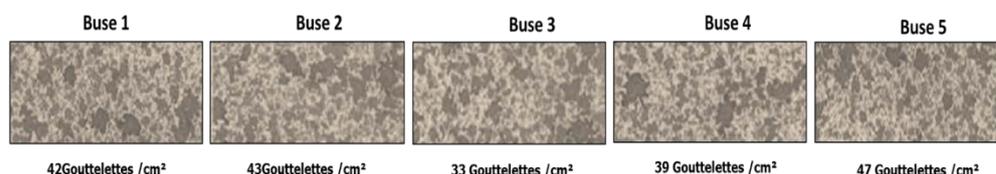
Hauteur 100 cm/ Nombre des gouttelettes /cm²

débit 3	buse 1	buse 2	buse3	buse 4	Buse 5
1	couverture totale avec ruissellement du liquide sur la feuille ce réglage n'est pas utilisé en agriculture sauf en cas de nettoyage des plantes				
2					
3					
Moyenne	couverture totale				

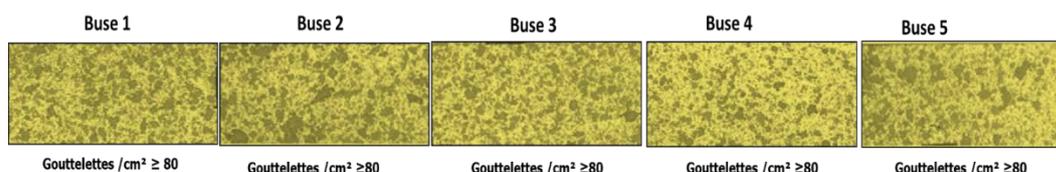
Remarque : ce réglage n'est pas recommandé pour l'ensemble des traitements phytosanitaires à cause de la grande couverture et le ruissellement de produit sur la cible. Selon le même auteur, il serait possible d'utiliser ce réglage en cas de sécheresse pour l'humidification des cultures basse en région aride ou semi-aride.

Annexe 2,5 : résultats de test de pulvérisation sur le papier olé sensible en hauteur 50 cm avec le rouge d'atrazine.

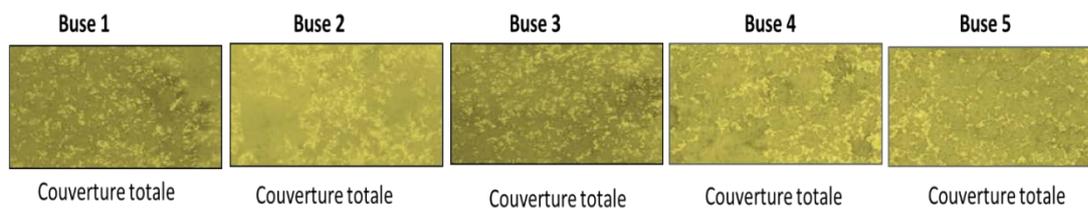
Débit 2 hauteur 50cm



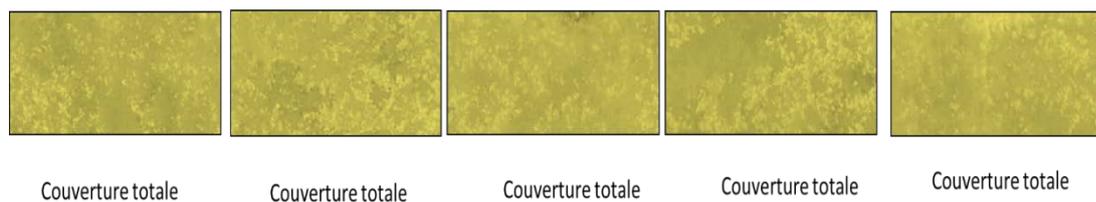
Débit 2 hauteur 75 cm



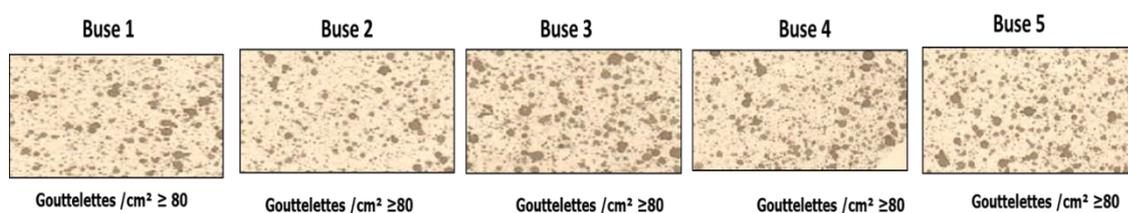
Débit 3 hauteur 75 cm



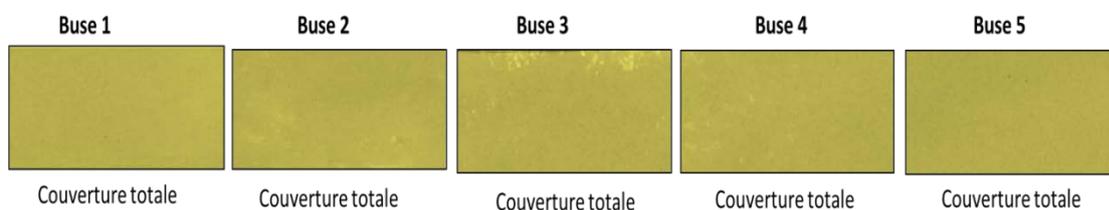
Débit 3 hauteur 100 cm



Débit 2 hauteur 100 cm.



Débit 3 hauteur 50cm



Annexe 2,3 : résultats de l'effet de la hauteur de la rampe et le débit liquide sur le nombre des gouttelettes selon Mohammedi 2008.

Débit	hauteur m	Rep	NGB1	NGB2	NGB3	NGB4	NGB5
1	50	1	92	86	82	87	80
1	50	2	83	69	93	101	70
1	50	3	85	63	101	99	89
2	50	1	75	88	99	102	69
2	50	2	93	79	102	99	77
2	50	3	87	83	91	90	99
1	75	1	73	69	91	51	83
1	75	2	80	70	50	65	57
1	75	3	67	60	65	70	66
2	75	1	55	60	70	58	64
2	75	2	61	60	58	65	60
2	75	3	68	69	65	70	72
1	100	1	70	63	73	58	49
1	100	2	62	50	45	67	40
1	100	3	58	43	25	73	65
2	100	1	50	60	30	30	36
2	100	2	42	39	44	44	50
2	100	3	36	40	38	35	47

Annexe 3

ANNEXE 3.1 Fiche technique de produit 1.

▶ CARACTÉRISTIQUES DE BASE

1. Nom commun:

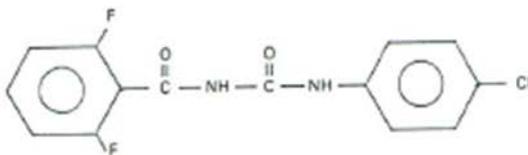
Diflubenzuron

2. Classification chimique:

Benzophénylurée

3. Nom chimique et formule structurale:

urée 1-(4-chlorophényl)-3-3 (2,6-difluorobenzoyl)



4. Produit forestier commercial:

Nom: DIMILIN®

Fabricant: Duphar Ltd

No. d'homologation LPA: 13816

Garantie: 25% ingrédient actif (i.a.)

Formule: poudre mouillable

5. Propriétés chimiques et physiques:

(diflubenzuron technique)

Apparence: cristaux blancs

Odeur: légère, type désinfectant

Stabilité: > 2 ans à l'état de poudre

Pureté: 99 %

Solubilité: très soluble dans l'eau et la plupart des solvants. Soluble dans le diméthylformamide et le diméthylsulfoxyde. Légèrement soluble dans l'acétone et le dioxane.

Pression des vapeurs: < 1,3 x 10⁻¹ Pa à 50°C (basse)

6. Historique:

Le diflubenzuron a été mis au point en 1970 par Duphar B.V. en Hollande. Il a fait l'objet d'essais exhaustifs de sécurité partout dans le monde. Mais on ne l'a que peu employé au Canada jusqu'à maintenant pour le contrôle de la spongieuse seulement. On prévoit l'utiliser à d'autres fins après son homologation.

7. Étendue et mode d'action de l'insecticide:

Dès son ingestion par la plupart des insectes à l'état larvaire (par exemple les lépidoptères et les diptères), l'insecticide perturbe les processus de la mue chez l'insecte et la larve meurt en tentant de muer. Les champignons possèdent ces mêmes processus (par exemple la synthèse de la chitine dans leur paroi de cellule), mais le système du champignon n'en est pas touché. Il n'a aucun effet de contact pour la plupart des insectes adultes.

▶ USAGES HOMOLOGUÉS ET TECHNOLOGIE D'APPLICATION

1. Usages homologués pour la foresterie:

Actuellement, le diflubenzuron est homologué au Canada pour le contrôle de la spongieuse par pulvérisations terrestres ou aériennes lors de l'aménagement des forêts (> 500 ha) et des terrains boisés (≤ 500 ha). L'homologation est possible à court terme pour le contrôle de certains insectes dont la livrée des forêts, la tordeuse printanière du chêne, l'arpeuse de la pruche, la tordeuse de l'épinette, la chenille à houppes, etc. Ce produit est inefficace contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette.

2. Détails opérationnels:

Les utilisateurs doivent consulter l'étiquette officielle, les règlements locaux, provinciaux et fédéraux et la documentation du fabricant avant d'entreprendre un programme de contrôle. Les premiers stades larvaires exposés au produit et qui s'alimenteront des feuilles traitées seront affectés. La périodicité de l'application dépend du stade de développement qu'a atteint l'insecte.

■ Dosage

Le 25 WP est mélangé à l'eau afin de fournir la concentration voulue d'i.a. pour l'application. La concentration suggérée va de 50 à 70 g d'ingrédient actif dans 5 à 20 litres d'eau pour chaque hectare à arroser. La concentration homologuée pour la spongieuse est de 35 à 70 g d'ingrédient actif dans 5 à 20 litres par hectare.

■ Périodicité et cibles

La pulvérisation doit se faire au tout premier stade où la larve pourra ingérer la solution, c'est-à-dire dès le gonflement des bourgeons, sur les feuillus pour la spongieuse.

■ Mélange

La formule 25 WP doit être mélangée à l'eau juste avant son application. Le produit a tendance à se déposer et il ne doit pas être laissé dans le réservoir de l'avion durant la nuit.

▶ EFFETS SUR LE BIOTE

1. Insectes contrôlés:

On peut contrôler efficacement la spongieuse, la livrée des forêts, l'arpeuse de la pruche, la tordeuse printanière du chêne, les tenthrèdes et diprions, le cul-brun, le papillon satiné, l'arpeuse tardive, la mineuse des feuilles, etc. Actuellement, des tests vérifient l'efficacité du produit pour le contrôle de la tordeuse de l'épinette. Cependant, peu de ces utilisations sont actuellement homologuées. La tordeuse des bourgeons de l'épinette n'est pas contrôlée par le diflubenzuron.

2. Effets sur les espèces non visées:

(effets aux doses recommandées)

■ Eau et sol

Le diflubenzuron est dégradé par la plupart des microorganismes aquatiques et du sol. La demi-vie dans l'eau est d'une semaine et dans la plupart des sols, la dégradation à 50 % se produit en 2 à 6 jours. On n'a décelé aucun écoulement vers les cours d'eau, étant donné la dégradation rapide et la dilution.

■ Microorganismes

La plupart des microorganismes peuvent utiliser le diflubenzuron comme seule source de carbone et ils peuvent métaboliser le composé de façon active. Aucun effet délétère n'a été observé.

■ Phytoplancton

On n'a observé que très peu d'effet.

■ Zooplancton

Puisqu'ils sont des arthropodes qui synthétisent la chitine, la plupart de ces organismes montrent une susceptibilité intrinsèque au diflubenzuron. Les larves au stade de croissance active qui synthétisent activement la chitine sont celles qui sont touchées, et les adultes qui ne sont pas touchés se reproduisent dans l'étang; le résultat net est une diminution temporaire de la population. Les cours d'eau et les plages près des océans ne montrent aucun effet, étant donné la dilution et la dégradation. Les cladocères (telle la daphnie) dans les petits étangs sont les plus sensibles. Les copépodes et les ostracés sont aussi touchés. L'effet habituellement observable est une diminution temporaire de la population des petits étangs d'eau douce. La CL_{50} pour la daphnie est d'environ 5 parties par milliard.

■ Végétation

Aucun effet phytotoxique n'a été observé.

■ Invertébrés terrestres

Les larves qui sont au stade de synthèse active de la chitine sont les plus susceptibles. Puisque le contact ne produit aucun effet, le composé doit être ingéré pour qu'un effet se manifeste. Les pollinisateurs, les prédateurs et les parasites adultes ne sont pas touchés. On a utilisé cette propriété dans la gestion intégrée des ravageurs (GIR).

■ Invertébrés aquatiques

Les larves des arthropodes aquatiques des petits étangs peuvent être affectées. La concentration à laquelle elles sont exposées dépend de la quantité appliquée, de la dégradation et de la dilution. Dans les cours d'eau, et sur les rives des océans et des grands lacs, le diflubenzuron se dilue habituellement rapidement. Les petits étangs peuvent parfois montrer les effets adverses du diflubenzuron par une diminution temporaire de la population de crustacés non matures. Lorsque le diflubenzuron se dégrade à des niveaux non significatifs, les adultes se reproduisent à nouveau dans l'étang.

■ Poissons, amphibiens, oiseaux et mammifères

Le produit est inoffensif pour tous les vertébrés, parce que ces derniers ne font pas la synthèse de la chitine. La CL_{50} en mg/kg de poids corporel après 14 jours est >40 000 chez la souris et le rat. Les études de toxicité chronique ne montrent aucun effet oncotique, carcinogène ou tératoqène.

ANNEXE 2.2 Fiche technique de produit 2.

Vertimec®

Insecticide contre des ravageurs dans les plantes ornementales, des cultures maraîchères, des poiriers et des fraises

- › **Activité en profondeur et prolongée**
- › **Efficace à faibles doses**
- › **Mode d'action particulier**

Matière active

1,84% Abamectine (18 g/l)

Formulation

Concentré émulsionnable (EC)

Mode d'action

Vertimec est un produit liquide pour pulvérisation contenant de l'abamectine, une matière active produite par fermentation à partir d'un champignon actinomycète vivant dans le sol. Dotée de propriétés acaricides et insecticides, l'abamectine agit par contact et ingestion. Elle pénètre dans la feuille sur laquelle elle a été appliquée et reste stockée à l'intérieur de la feuille, qu'elle protège contre les ravageurs piqueurs et broyeur, ce qui confère au produit une longue durée d'action. Les résidus de surface se dégradent par contre rapidement sous l'action de la lumière. L'abamectine manifeste, à doses réduites, un haut niveau d'efficacité, spécialement contre les thrips, les araignées et les larves des mouches mineuses.

L'activité contre les puçerons est en général moindre, car ceux-ci prélevent la sève directement dans les vaisseaux du phloème. Vertimec est actif contre tous les stades où le ravageur se nourrit : il prévient ou

stoppe la formation de galeries par les larves des mouches mineuses. Une nette réduction de la fécondité et de la ponte a été observé chez les femelles entrées en contact avec le produit. L'abamectine agit en empêchant la transmission de l'influx nerveux des nerfs aux muscles. Les ravageurs sont rapidement paralysés, cessent de se nourrir et meurent après 3–4 jours. Vertimec n'est apparenté à aucune autre famille chimique. Grâce à son mode d'action particulier, il contrôle également les ravageurs résistants aux autres produits. La meilleure activité est obtenue en traitant tôt, dès l'apparition des premiers ravageurs ou dégâts. Si nécessaire, le traitement peut être renouvelé 7 jours plus tard. L'activité de Vertimec augmente avec la température.

Application

Cultures ornementales

(plantes en pots et conteneurs, fleurs coupées, arbustes)

Contre acariens et mouches mineuses : 0,025% (25 ml par 100 l d'eau) avec 2000 l/ha (20 l par 100 m²) de bouillie. Si moins de 2000 l/ha d'eau sont utilisés, maintenir une dose minimale de 0,5 l/ha (5 ml par 100 m²) de Vertimec. Contre les thrips et les

mouches blanches : 0,05% (50 ml par 100 l d'eau) avec 2000 l/ha (20 l par 100 m²) de bouillie. Si moins de 2000 l/ha d'eau sont utilisés, maintenir une dose minimale de 1 l/ha (10 ml par 100 m²) de Vertimec. Sur des plantes en fleur, sous serre uniquement.

Tomates, aubergines, concombres et pépéronis sous serre

Contre mouches mineuses, araignées et acariens de la roussissure de la tomate : 0,025% (25 ml par 100 l d'eau) avec 2000 l/ha (20 l par 100 m²) de bouillie. Si moins de 2000 l/ha d'eau sont utilisés, maintenir une dose minimale de 0,5 l/ha (5 ml par 100 m²) de Vertimec.

Contre les thrips et les mouches blanches : 0,05% (50 ml par 100 l d'eau) avec 2000 l/ha (20 l par 100 m²) de bouillie. Si moins de 2000 l/ha d'eau sont utilisés, maintenir une dose minimale de 1 l/ha (10 ml par 100 m²) de Vertimec.

Les ruches de bourdons doivent être maintenues fermées pendant le traitement et durant les 24 heures qui suivent. Délai d'attente : 3 jours.

Salade et céleri-branche

Contre mouches mineuses dès le début de l'attaque : 0,025–0,05%. Délai d'attente pour salade : 4 semaines. Délai d'attente pour céleri-branche : 7 jours.

Oignons et poireau

Contre les thrips : 0,05–0,1% (0,5–1 l/ha) en mélange avec 0,1% Etafix Pro dès le début de l'attaque. Délai d'attente : 14 jours.

Fraises

Acariens et tarsonème : 0,05% (0,5 l/ha, bouillie : 1000 l/ha) avant la floraison ou après la récolte. Dosage et bouillie selon le stade de la culture.

Poirier

Contre les psylles du poirier : 0,075% (1,2 l/ha) en mélange avec 0,2 l/ha Etafix Pro. Délai d'attente : 3 semaines. Utilisation sur larves fraîchement écloses de la 2^e génération mais moins de 20% de larves âgées. Ne pas mélanger avec aucun autre produit. La matière active se dégrade rapidement à la lumière. Le produit doit donc pénétrer rapidement dans le végétal. Vertimec nécessite une excellente technique d'application. Toutes les parties du végétal doivent être couvertes par le produit. Vertimec agit essentiellement par ingestion. Une seule application par an est recommandée.

Préparation de la bouillie

Remplir à moitié le réservoir d'eau, y verser le Vertimec, puis compléter le remplissage. Laisser le brasseur en marche pendant le travail.

A observer

- Toxique pour les abeilles : éviter tout contact avec les fleurs ou du mielat (plantes ligneuses, cultures environnantes ou adventices).
- Traiter dès que les premiers ravageurs ou les premiers symptômes sont observés. Répéter le traitement après 7 jours au plus tôt.

Annexes 2,9 : résultats de DL 50 sur les boites à petri.

BLOC1

BLOC 1	P1D1	P1D2	P1D3	P2S1	P2D2	P2D3	P3D1	P3D2	P3D3
Boite 1	8	33	60	11	43	65	15	38	60
Boute 2	11	18	33	11	37	30	9	40	38
Boite 3	20	19	38	20	33	33	20	35	33
Boute 4	19	14	44	19	35	47	19	30	44
Boite 5	15	24	37	17	40	37	14	40	37
MOYENNE	13	23	38	16	37	45	16	37	42

BLOC 2

BLOC 2	P1D1	P1D2	P1D3	P2S1	P2D2	P2D3	P3D1	P3D2	P3D3
Boite 1	11	30	9	10	40	37	40	40	70
Boute 2	11	35	12	11	35	30	35	33	58
Boite 3	16	25	20	20	25	45	25	45	45
Boute 4	6	22	19	19	20	40	20	35	66
Boite 5	14	39	13	15	39	40	26	40	56
MOYENNE	12	35	16	15	33	39	25	38	60

BLOC3

	P1D1	P1D2	P1D3	P2S1	P2D2	P2D3	P3D1	P3D2	P3D3
Boite 1	25	10	55	33	40	39	30	55	55
Boute 2	17	11	33	18	35	30	28	43	60
Boite 3	16	20	33	15	25	49	17	44	40
Boute 4	20	19	44	16	20	40	24	35	43
Boite 5	23	15	37	24	39	44	17	44	53
MOYENNE	20	15	40	20	33	40	24	44	51

Annexe 2 ,10 : Fiche signalétique de l'amitraz.

Détail du produit

Fonction	Amitraz is a non-systemic acaricide and insecticide.
Attributs du produit	Tradename: ALUDEX Source of Compound: synthetic, U-36059 Target: Adrenergic Receptor agonist Receptor: α -adrenergic receptor Status: USP, INN, BAN
Purification	All the products are sent with COA, HPLC and NMR inspection report to guarantee the quality.
Pureté	97 %
Formula	C ₁₉ H ₂₃ N ₃
Solubility	DMSO > 10 mM

Détail de l'antigène

Poids moléculaire	293.41 g/mol
Numéro CAS	33089-61-1

Information d'application

Indications d'application	Optimal working dilution should be determined by the investigator.
Restrictions	For Research Use only

Stockage

Format	Solid
Stock	-20 °C
Stockage commentaire	For the majority of compounds, they could be dissolved in DMSO or other organic solvent. Their stock solution can be stored at -20°C for up to 3 months and aliquoted for sampling convenience. Several freeze/thaw cycles should not damage the activity of our small

Stockage

molecule products.

However, in many instances the aqueous solutions of some compounds need to be made fresh and cannot be stored. For these compounds, their solution should be prepared just before use and stored no longer than 24 hours.