

Lutte contre l'orobanche rameuse  
en culture de tabac : évaluation  
de leviers agronomiques et  
chimiques.

Maéva MASSIAS  
Agronomie, Production Végétale, Environnement  
2014

# VetAgro Sup

## Mémoire de fin d'étude

### Lutte contre l'orobanche rameuse en culture de tabac : évaluation de leviers agronomiques et chimiques.

Maéva MASSIAS  
Agronomie, Production Végétale, Environnement  
2014

Maître de stage : Bruno FONTAINE  
Tuteur Pédagogique : Noëlle GUIX

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

# Remerciements

Je remercie toute l'équipe d'ARVALIS Institut du Végétal de Bergerac ainsi que celle de l'Association Nationale Interprofessionnelle et Technique du Tabac (ANITTA) pour son accueil et son écoute.

Je remercie tout particulièrement Monsieur Bruno FONTAINE, mon maître de stage, pour le temps qu'il m'a consacré tout au long de cette période en entreprise ainsi que pour l'aide précieuse et les recommandations qu'il m'a apportés.

Merci à Lucien GATARD, technicien de la coopérative Poitou Tabac, pour son appui et ses conseils techniques pour la mise en place, le suivi et la notation des essais.

Je remercie également Jean-Luc et James MORIN ainsi que Daniel MERIGOT, les producteurs qui ont accueillis les essais, pour leur collaboration et leur implication tout au long de la campagne.

Je remercie Noëlle GUIX, enseignant chercheur à VetAgro Sup qui m'a suivi tout au long de ce stage et qui m'a apporté ses conseils.

Enfin, merci à tous celles et ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la bonne réalisation de ce stage et de ce mémoire.

## Table des figures

Figure 1 : Surface de tabac par coopérative et pourcentage attaqué par l'orobanche en 2007.....	3
Figure 2 : Graines d' <i>O. ramosa</i> .....	4
Figure 3 : Cycle biologique de l'orobanche.....	5
Figure 4 : Dialogue moléculaire entre l'hôte et le parasite.....	5
Figure 5 : Stades de développement de l'orobanche.....	6
Figure 6 : Différents stades de l'orobanche rameuse sur tabac.....	6
Figure 7: Cycle cultural du tabac Virginie.....	8
Figure 8 : A : Graines de tabac (enrobées et nues en haut à droite) B : Semis flottants de tabac....	8
Figure 9 : Plantation du tabac.....	9
Figure 10 : A : Cueillette de Virginie grâce à un enjambeur porte-cueilleurs.....	10
Figure 11 : Evaluation de l'intensité parasitaire à gauche et évolution de la pression orobanche sur placettes de 20 pieds à droite.....	12
Figure 12 : Evolution de la pression d'orobanche.....	14
Figure 13 : Localisation de la parcelle d'essai (en bleu) et de la serre (en violet).....	17
Figure 14 : Carte des grands ensembles de sol du Poitou Charente.....	18
Figure 15 : Schéma du dispositif d'irrigation de la parcelle.....	19
Figure 16 : Schéma du système d'irrigation à la serre.....	20
Figure 17 : Schéma général de l'essai mis en place au champ.....	21
Figure 18 : Schéma du positionnement des placettes (encadrés rouges) au champ.....	22
Figure 19 : Plan général de l'essai mis en place à la serre.....	23
Figure 20 : Pied de tabac présentant une nécrose au niveau du collet.....	26
Figure 21 : Evolution de la pression d'orobanche pour la modalité matière organique.....	28
Figure 22: Evolution de la pression d'orobanche pour les modalités chemigation.....	28
Figure 23 : Plant de tabac présentant une phytotoxicité suite à l'application d'hydrazide maléique par voie foliaire.....	29
Figure 24 : Evolution de la pression d'orobanche pour la modalité acidification.....	30
Figure 25 : Evolution de la pression d'orobanche pour la modalité méthionine.....	31
Figure 26 : Evolution de la pression d'orobanche pour la modalité multifactorielle.....	32
Figure 27 : Evolution de la pression d'orobanche en fonction de la variété.....	32
Figure 28 : Box plots et significativité des différentes modalités testées au champ au 5 septembre	33
Figure 29 : Evolution de la pression d'orobanche pour la modalité matière organique en pots.....	34
Figure 30 : Evolution de la pression d'orobanche pour les modalités à base d'hydrazide maléique en pots.....	34
Figure 31 : Evolution de la pression d'orobanche pour les modalités à base de SC46.....	35
Figure 32 : Evolution de la pression d'orobanche pour la modalité acidification en pots.....	36
Figure 33 : Evolution de la pression d'orobanche pour la modalité méthionine en pots.....	36
Figure 34 : Plant de tabac ayant reçu de la méthionine.....	37
Figure 35 : Evolution de la pression d'orobanche pour l'ensemble des modalités testées en pots.....	37
Figure 36 : Classes homogènes du test de Newman-Keuls (intervalle de confiance 95%) pour les modalités testées à la serre au 5 septembre.....	38

## **Table des tableaux**

Tableau 1: Besoins en éléments nutritifs du Burley et du Virginie pour une tonne de feuilles.....	9
Tableau 2 : Pratiques culturales permettant de limiter l'infestation .....	13
Tableau 3: Stades et sommes de températures correspondantes.....	14
Tableau 4 : Présentation des modalités testées au champ en fonction de la variété implantée .....	20
Tableau 5 : Présentation des modalités testées en serre.....	22
Tableau 6 : Détail des doses d'hydrazide maléique et de SC46 apportées au champ (en bleu) et à la serre (en violet) .....	24
Tableau 7 : Détail des doses théoriques d'acide à apporter à la serre .....	25
Tableau 8 : Doses d'acide réellement apportées à la serre (en gras) .....	25

# Table des matières

Abstract .....	
Introduction .....	1
A. Contexte et problématique : bien connaître la biologie du parasite et de l'hôte pour mieux lutter .....	2
I. L'Orobanche rameuse : un fléau pour les producteurs de tabac .....	2
1. Conséquences économiques de ce parasitisme .....	2
2. Description botanique du parasite .....	3
3. Un cycle biologique en deux phases .....	4
i. La germination .....	5
ii. La fixation et la pénétration .....	6
iii. Les stades tubercule, bourgeon et tige souterraine .....	7
iv. L'émergence, la floraison et la fructification .....	7
II. Le tabac, une plante au cycle de culture original et idéal pour l'orobanche .....	7
III. Les techniques de lutte testées sur les cultures hôtes de l'orobanche .....	11
1. Méthodes de lutte visant à réduire le stock de graines dans le sol .....	11
i. Culture de faux-hôtes ou plantes pièges .....	11
ii. Molécules stimulant la germination de l'orobanche .....	11
iii. Les méthodes de destruction des graines dans le sol .....	11
iv. La sélection variétale .....	12
2. Méthodes permettant de limiter l'augmentation de l'infestation .....	13
i. Les pratiques culturales .....	13
ii. La lutte chimique à base d'herbicides ou régulateurs de croissance .....	13
iii. La chemigation : une autre façon d'apporter les produits .....	15
iv. Les solutions agronomiques ou biologiques .....	15
IV. Problématique : déterminer des solutions efficaces et vulgarisables chez les tabaculteurs .....	16
B. Matériels et méthodes .....	17
I. Matériel végétal .....	18
II. Matériel d'irrigation .....	19
III. Description des modalités et présentation du réseau d'essais .....	20
IV. Calculs des doses de produits à apporter .....	24
1. Matière organique .....	24
2. Hydrazide maléique et SC46 .....	24

3.	Acidification.....	25
4.	Méthionine et multifactoriel.....	26
V.	Méthode de notation .....	26
VI.	Le traitement des données.....	27
C.	Résultats et discussion .....	27
1.	Résultats et discussions relatifs aux modalités testées au champ .....	28
i.	Intérêt de la matière organique confirmé .....	28
ii.	Chemigation : résultats décevants pour l'hydrazide maléique mais encourageants pour le SC46 .....	28
iii.	Intérêt mitigé de l'acidification sur la présence d'orobanche .....	30
iv.	Méthionine : revoir complètement la méthodologie d'application .....	31
v.	Approche multifactorielle intéressante.....	32
2.	Résultats et discussions relatifs aux modalités de l'essai en serre .....	33
i.	Matière organique : léger avantage pour le compost à dose élevée .....	34
ii.	Chemigation : hydrazide maléique sans intérêt mais perspectives intéressantes pour le SC46. ....	34
iii.	Acidification : des résultats « quitte ou double » .....	36
iv.	Méthionine : « plus de mal que de bien » .....	36
3.	Perspectives, propositions et suggestions pour l'avenir.....	38
	Conclusion.....	40
	Références bibliographiques	



## Abstract

In France, broomrape (*O. Ramosa*), a root parasite raises real agro-economical problems in tobacco fields. This crop has ideal characteristics for the development of the parasite, forcing certain producers to stop this culture.

In 2014, ARVALIS Institut du Végétal, in association with the cooperative Poitou Tabac, has set up field trials and greenhouse tests to estimate the efficiency of various methods for controlling broomrape.

New ways for active ingredients application have been implemented, based on drip irrigation system. Crop protection agents brought in this way did not impact the culture. However, their efficiency has not been reached, especially with the maleic hydrazide, in which important hopes have been placed. It is however necessary to underline the efficiency of the SC46 herbicide, which allowed to control, partially, the broomrape development.

New approaches based on soil organic matter level, have also been set up to reduce the orobanche risk on longer-term. This solution seems to be partially interesting because it allows to slow down the broomrape appearance, what comes to confirm the 2013 observations.

2014 trials also confirmed, once more, the tolerance of the ITB 6172 variety faced to *O. ramosa*.

None of the technics tested has been enough efficient. For the future, the works will have to associate the various factors until now evaluated. It can be imagined that the broomrape cycle could be delayed by accumulating beneficials effects of each protocol, and then, the tobacco crop could be enough developed to resist to chemicals, such as foliar maleic hydrazide treatments.

**Key words** : *Orobanche ramosa*, *Phelipanche ramosa*, broomrape, tobacco, obligate root parasite, maleic hydrazide, organic mater, nitric acid

## Introduction

En France, en 2013, le tabac occupait 4 200 hectares et concernait 1 177 producteurs. (source Association Nationale Interprofessionnelle et Technique du Tabac : ANITTA, 2014). La production atteint quant à elle 6 741 tonnes, soit 0,09% de la production mondiale qui était de 7,5 millions de tonnes en 2011 (FAO, 2011). Cela fait de la France le 6<sup>ème</sup> producteur européen.

La filière tabacole française se trouve dans un contexte économique difficile. En plus de cela, cette production, comme l'ensemble des plantes cultivées, est soumise à des facteurs biotiques et abiotiques impactant le développement de la culture, son rendement, sa qualité et donc le revenu qu'elle génère. Au sein des facteurs biotiques, on retrouve les bactéries, les virus, les adventices, les ravageurs et enfin, ceux qui vont nous intéresser ici, les parasites (animaux et végétaux). Parmi eux, on trouve le genre *Orobanche*. Ce dernier comprend une centaine d'espèces dont une dizaine, parmi lesquelles *O. ramosa*, est très nuisible pour les cultures du fait de leur parasitisme. L'orobanche rameuse possède un large spectre d'hôtes ce qui en fait un ennemi redoutable. Elle parasite notamment les Solanacées (aubergine, pomme de terre, tomate et tabac) mais d'autres familles peuvent également être touchées (par exemple les Crucifères avec le colza). Outre les cultures d'importance économique, l'orobanche rameuse parasite également les adventices qui peuvent servir de relais dans l'infestation.

En France, *O. ramosa* pose actuellement un problème agronomique majeur dans les cultures de colza, chanvre et tabac, conduisant parfois à l'abandon de la culture. Afin de lutter contre ce parasite, les différents Instituts Agricoles concernés ont mis en place des programmes pour trouver des moyens de lutte efficaces. A l'heure actuelle les résultats montrent une efficacité partielle. Il est donc nécessaire de poursuivre ces travaux afin de pouvoir proposer des solutions, préventives et/ou curatives, aux agriculteurs confrontés à cette problématique. Face à l'augmentation de la pression d'*O. ramosa* sur les cultures de tabac et le manque de solutions tangibles, l'ANITTA, qui a pour partie, fusionné avec ARVALIS Institut du végétal en octobre 2013, a conduit, au début des années 2000, puis depuis 2011, des essais sur l'orobanche rameuse du tabac en collaboration avec la coopérative Poitou Tabac.

Les essais ont donc été repris, en 2014, par ARVALIS Institut du végétal. Ce dernier est un organisme français de recherche agricole appliquée financé et géré par les producteurs. L'ensemble de l'équipe d'ARVALIS Institut du végétal se doit donc de travailler au service de la profession agricole afin de répondre à ses questions et de lui proposer des solutions techniques. C'est donc l'objet des travaux de ce stage que de poursuivre les investigations autour des solutions agronomiques ou chimiques permettant de lutter contre l'orobanche rameuse.

Ainsi, après avoir présenté le parasite et rappelé les points clés de la conduite de la culture de tabac pour mieux comprendre les possibilités de lutte actuellement connues et celles envisageables, nous nous intéresserons aux matériels et méthodes ayant été mis en œuvre au cours de cet essai. Enfin, nous présenterons les résultats obtenus pour finalement les discuter.

## **A. Contexte et problématique : bien connaître la biologie du parasite et de l'hôte pour mieux lutter**

### **I. L'Orobanche rameuse : un fléau pour les producteurs de tabac**

La famille des *Orobanchaceae* regroupe environ 160 espèces réparties en 17 genres (Cubero, 1996). C'est en 1753 que Linné introduit le genre *Orobanche* dans « *Species Plantarum* ». Le nom de ce genre provient du grec « *orobos* » qui signifie légumineuse et « *agkhein* » qui veut dire étrangler, étouffer (Brault-Hernandez, 2006). Parmi les espèces actuellement décrites, seules une dizaine d'entre elles posent un problème agro-économique. *O. aegyptiaca*, *O. cernua*, *O. crenata*, *O. minor* et *O. ramosa* sont les espèces les plus nuisibles (Parker, et Riches, 1993). Les orobanches ne sont pas spécifiques à un seul hôte et parasitent une gamme d'hôtes (Suh, 2011).

L'aire de répartition géographique des orobanches est la région méditerranéenne (Musselman, 1986). Les orobanches sont donc principalement recensées dans les régions chaudes et tempérées, mais pas seulement (ANNEXE I).

Les plantes parasitées sont majoritairement des dicotylédones parmi lesquelles un grand nombre de cultures ayant une importance économique dans le monde. Au sein des plantes cultivées, les orobanches s'attaquent notamment aux Solanacées, aux Crucifères et aux Fabacées (ANNEXE II). Il ne faut toutefois pas oublier les plantes adventices qui présentent un risque indirect. En effet, en l'absence de la culture de rente, les orobanches peuvent parasiter ces mauvaises herbes. Ces dernières serviront alors de relais au parasite et lui permettront de réaliser son cycle (Mornet, 2008).

Parmi les orobanches, l'espèce la plus dévastatrice et la plus répandue est l'orobanche rameuse aussi appelée *Phelipanche ramosa*. C'est également cette dernière qui possède de loin le plus large spectre d'hôtes. Cette orobanche parasite notamment les Solanacées, parmi lesquelles le tabac.

#### **1. Conséquences économiques de ce parasitisme**

Dans le monde, il est compliqué d'estimer les surfaces cultivées parasitées par les orobanches. En 1991, Sauerborn estimait, à 16 millions d'hectares, la surface couverte par des orobanches. Cela représente environ 25% de la surface mondiale occupée par les légumes, le tournesol et les cultures horticoles annuelles. En 1994, Parker évaluait les surfaces parasitées par *O. ramosa* et *O. aegyptiaca* à 35 000 ha de tabac et de tomate en Grèce, 4000 ha de ces deux mêmes cultures à Cuba, 1500 ha de tabac en Bulgarie, 1000 ha de tomate en Ethiopie et plus de 50 000 ha de courge en Chine.

En France, l'orobanche rameuse devient un problème agronomique majeur dans les cultures de colza, de chanvre et de tabac.

En France, sur tabac, ce parasite était déjà connu et étudié dans les années 1950-60 (Izard, et Hitier, 1953). Durant trois décennies, ce parasite n'a posé que peu de problèmes mais il est revenu en force depuis la fin des années 90 (Brault-Hernandez, 2006). A la fin des années 80, l'orobanche rameuse était signalée dans 5 départements (Charente, Charente-Maritime, Vienne, Tarn et Lot) et seulement sur le colza d'hiver. Grâce à une meilleure information, le parasite a été recensé sur tabac et sur chanvre. En 2002, une enquête nationale (questionnaire) a été effectuée auprès des producteurs de tabac via les coopératives (Brault-Hernandez, 2006). Cela a abouti à une cartographie de la répartition de l'orobanche dans les cultures de tabac dans l'hexagone (Figure n°1). Cette enquête a de nouveau été conduite en 2007, avec pour résultats, 260 ha de tabac infestés par *O. ramosa* sur les 7 900 ha cultivés (soit 3%).

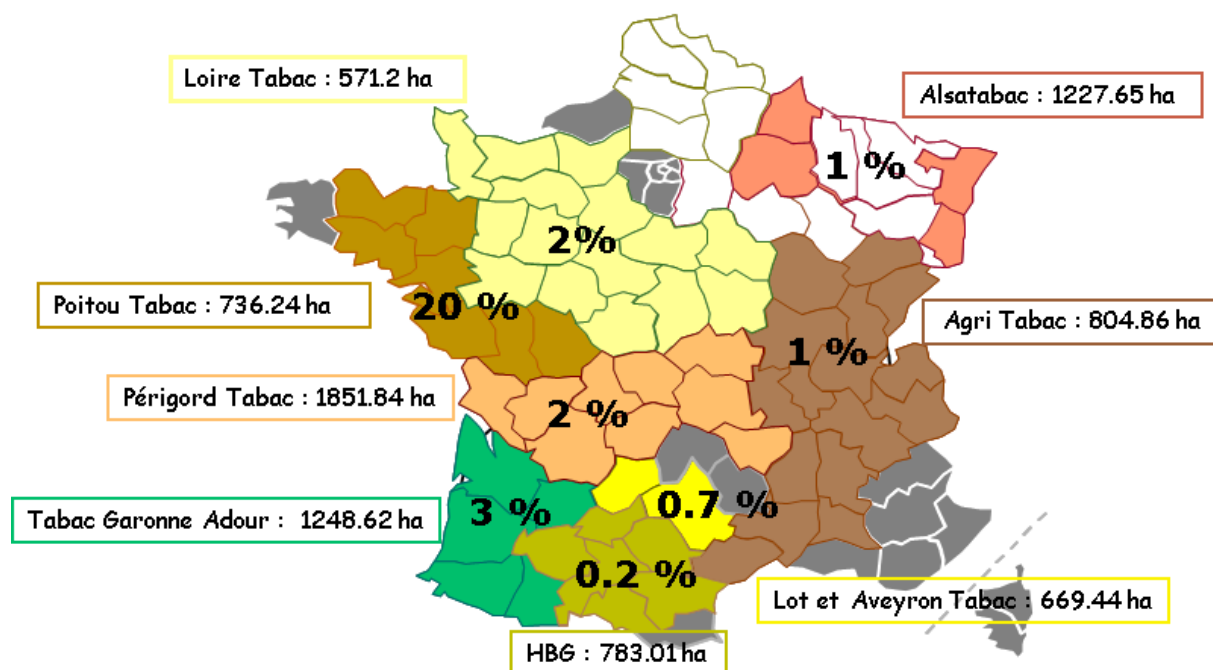


Figure 1 : Surface de tabac par coopérative et pourcentage attaqué par l'orobanche en 2007 (d'après ANITTA)

La coopérative Poitou Tabac est la plus concernée par l'orobanche rameuse avec 20% des surfaces contaminées en 2007. C'est pour cela que les essais sont conduits dans cette région avec la collaboration de la coopérative. Depuis 2007, des modifications sont observées sur le nombre d'hectares implantés en tabac mais également au niveau de la répartition géographique des coopératives (remaniments).

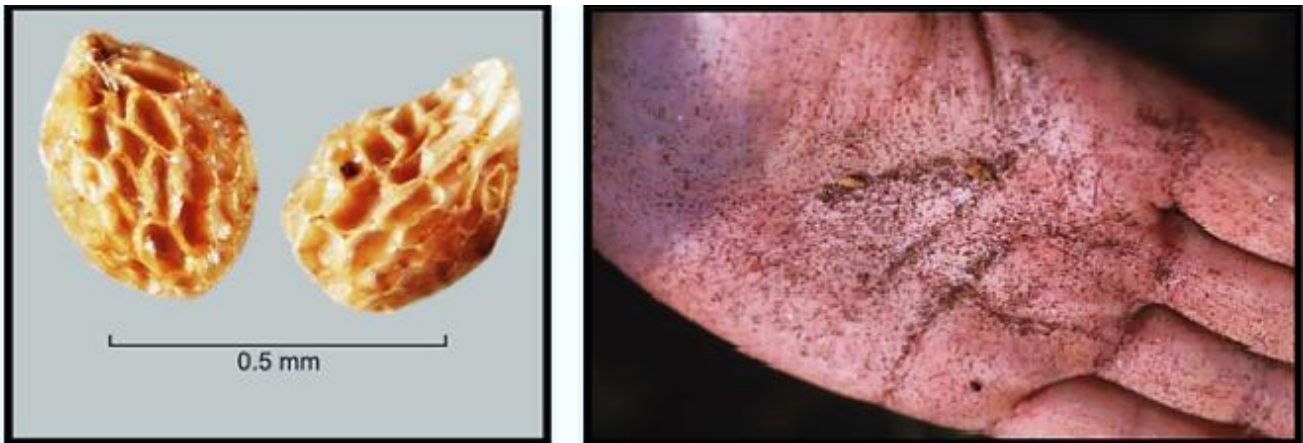
Tout comme les superficies, les pertes économiques sont difficiles à chiffrer. *O. ramosa* entraîne une perte de 16 à 32% de la récolte de tabac à Cuba et une diminution de 21 à 29% des rendements de tomate en Californie (Parker et Riches, 1993). En France, sur tabac, l'orobanche entraîne une perte pouvant aller jusqu'à 100% de la récolte. Au niveau de la coopérative Poitou Tabac, trois zones sont principalement touchées par la problématique orobanche : le niortais 79, le ruffecois 16 et une zone sur Neuville de Poitou 86. A cause de la problématique orobanche, 15 producteurs ont arrêtés la production de tabac, Virginie principalement, dans cette zone. Cela représente une diminution de 140ha (600 ha sur la coopérative en 2013) et une perte de chiffre d'affaire de 1,5 million d'euros (Gatard, communication personnelle). Il est également important de ne pas oublier le fait que cette problématique entraîne l'impossibilité, de la part des producteurs, d'augmenter leur surface de production.

## 2. Description botanique du parasite

Les orobanches sont dépourvues de pigments photosynthétiques, c'est pourquoi elles sont entièrement dépendantes de la plante hôte vis-à-vis des substances carbonées, de l'eau et des sels minéraux. Pour cela, une fois que les graines ont germé, elles créent un pont avec le système racinaire de l'hôte grâce à des suçoirs (Izard, 1959). Les appareils végétatif et reproducteur du parasite sont présentés en ANNEXE III.

Les graines d'*O. ramosa* ovales ou pyriformes, sont microscopiques (moins de 0,3 mm de longueur sur 0,2 mm de largeur) (Figure n°2), très légères (Parker, et Riches, 1993) et ne présentent pas de dormance (Gibot-Leclerc, 1999). Elles sont donc capables de germer dès qu'elles sont à proximité d'une plante hôte. Elles sont produites en abondance et facilement disséminées (Izard, 1959). En effet, chez *O. ramosa*, on peut dénombrer jusqu'à 800 graines par capsules (Parker, et Riches, 1993) qui ne pèsent que 3 à 6 µg (Brault-Hernandez, 2006). De par leur nombre et leur

pois, ces graines peuvent facilement être dispersées par le vent, le matériel agricole, l'eau, les animaux ou encore les Hommes lors de visites sur des parcelles contaminées. La dissémination est donc facile et invisible, notamment en culture de tabac grâce aux nombreuses interventions qu'elle nécessite. Les graines peuvent être répandues, sur de plus longues distances, par le transport des récoltes et la commercialisation de lots de semences contaminées (Sallé, et al., 1998). Bien que non certifiées, il est peu probable que les semences de tabac soient à l'origine de contaminations. En effet, elles sont produites dans des zones saines et la phase de culture en pépinière permettrait de s'apercevoir de la présence du parasite. Les semences de chanvre sont, quant à elles, certifiées sans orobanche.



**Figure 2 : Graines d'*O. ramosa* (ANITTA).**

Les graines d'orobanche conservent leur viabilité dans le sol pendant de nombreuses années. Pour *O. ramosa*, la longévité au champ a été estimée à 13 ans (Parker, et Riches, 1993). Il s'agit là encore d'une caractéristique qui pose problème. En effet, il n'est pas envisageable de ne pas cultiver une parcelle durant 13 ans ; il est donc nécessaire de trouver un moyen de lutte. Il a été montré, par Linke et Saxena (1991), en laboratoire qu'il était nécessaire d'avoir une faible humidité pour maintenir cette longévité. Des témoignages laissent cependant à penser que cette longévité atteint 20 voire 60 ans.

### **3. Un cycle biologique en deux phases**

Le cycle biologique des orobanches, qui se réalise sur l'année culturale, comprend deux phases distinctes : l'une souterraine (trois quart du cycle) et l'autre aérienne (un quart du cycle). La première phase comprend la germination de la graine, la fixation et la pénétration du parasite dans les tissus de son hôte grâce au suçoir et enfin, le développement d'une tige souterraine dépourvue de chlorophylle. La deuxième phase correspond quant à elle à l'émergence du parasite, sa floraison et sa fructification (Figure n°3).

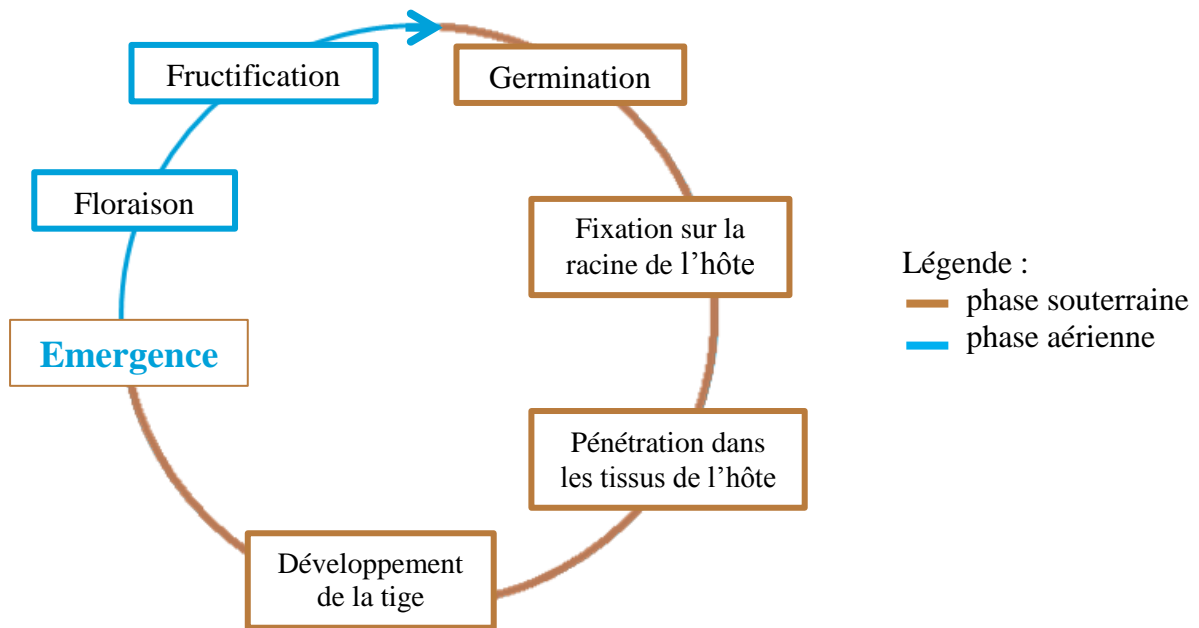
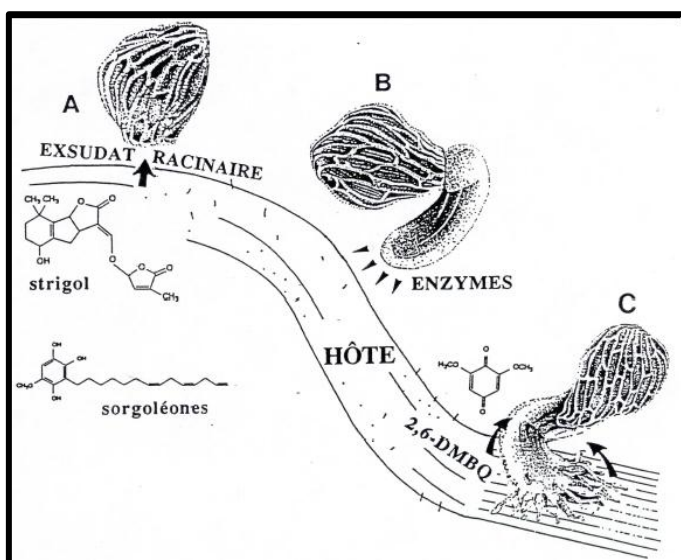


Figure 3 : Cycle biologique de l'orobanche (d'après Brault-Hernandez, 2006).

Comme mentionné précédemment (Cf : 2. Description botanique du parasite), les graines d'*O. ramosa* ne présentent pas de dormance. Elles peuvent donc germer dès leur maturité si les conditions du milieu sont favorables et si elles se trouvent à moins de 3 mm d'une racine susceptible de la nourrir (Izard, 1959).

Toutefois, les graines ont besoin de subir une période de préconditionnement (imbibition dans de l'eau) avant d'être capables de répondre à un stimulus de germination émis par le système racinaire de la plante hôte (Chabrolin, 1938) ; (Logan, et Stewart, 1992)). Le tabac ayant besoin d'eau pour sa reprise, les conditions sont réunies pour le préconditionnement des graines d'orobanche et, par la suite, leur germination.

Lorsque les graines sont préconditionnées, elles ont besoin d'un signal chimique spécifique pour pouvoir germer. Ce signal est envoyé par les exsudats racinaires de la plante hôte (Figure n°4). Les graines d'orobanche peuvent également percevoir des signaux de germination de la part de plantes non-hôtes. Dans ce cas, la germination a lieu mais le parasite ne peut pas se fixer à la plante et va dépérir. C'est ce que l'on appelle « germinations suicides » (Brault-Hernandez, 2006).



Légende :

A : production d'exsudats racinaires contenant des molécules stimulant la germination du parasite

B : sécrétion d'enzymes par les cellules du parasite et action sur les racines de l'hôte

C : libération de phénylpropanoïdes par la racine de l'hôte qui entraîne le développement du procaulôme

Figure 4 : Dialogue moléculaire entre l'hôte et le parasite (d'après Garnier, non publié)

## ii. La fixation et la pénétration

La radicule ou « procaulôme » a un rôle de vecteur : c'est elle qui permet, par chimiotropisme positif, aux cellules méristématiques de l'extrémité de la radicule de l'orobanche de rentrer en contact avec les cellules de l'hôte. Le procaulôme va alors sécréter des enzymes (Figure n°4) qui vont dégrader partiellement les parois de la racine de la plante hôte, permettant l'adhérence sur l'hôte (Lynn, et Chang, 1990) (Sallé, et al., 1998). Une substance mucilagineuse viendra renforcer cette adhérence (Brault-Hernandez, 2006).

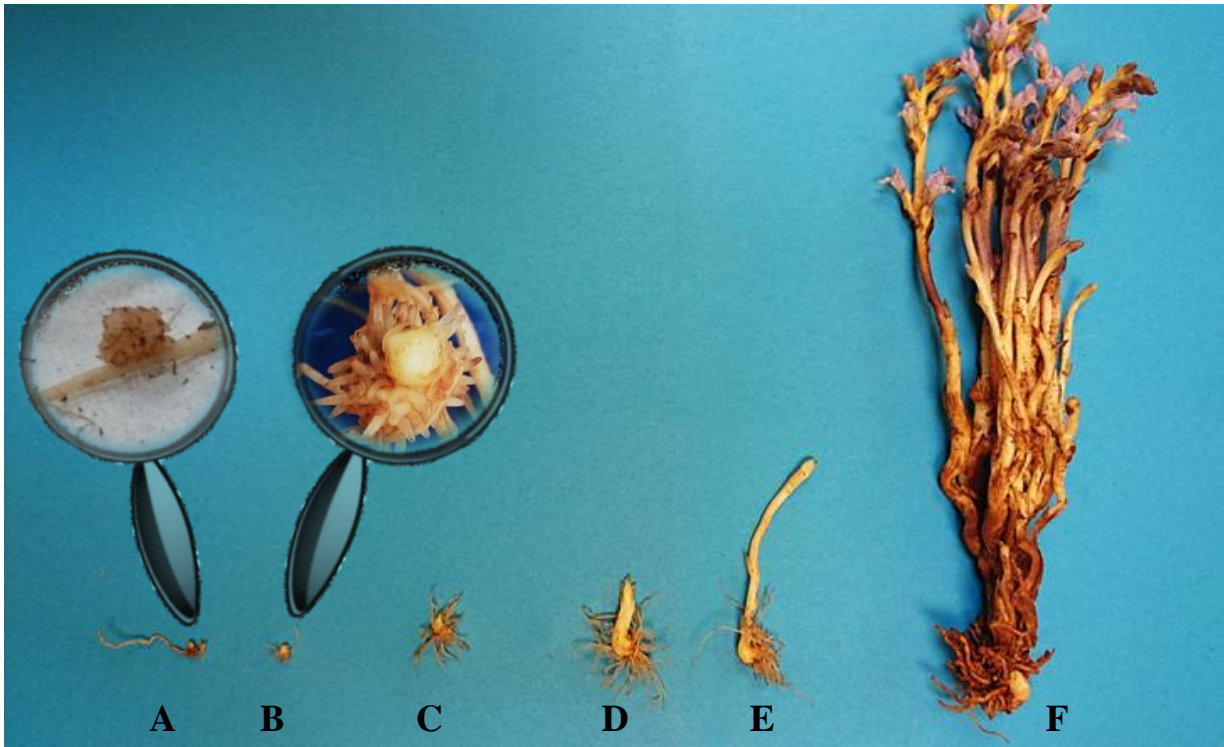


Figure 5 : Stades de développement de l'orobanche (photos personnelles)

A : fixation ; B : tubercule ; C : bourgeon ; D : jeune tige souterraine ; E : émergence ; F : hampe florale

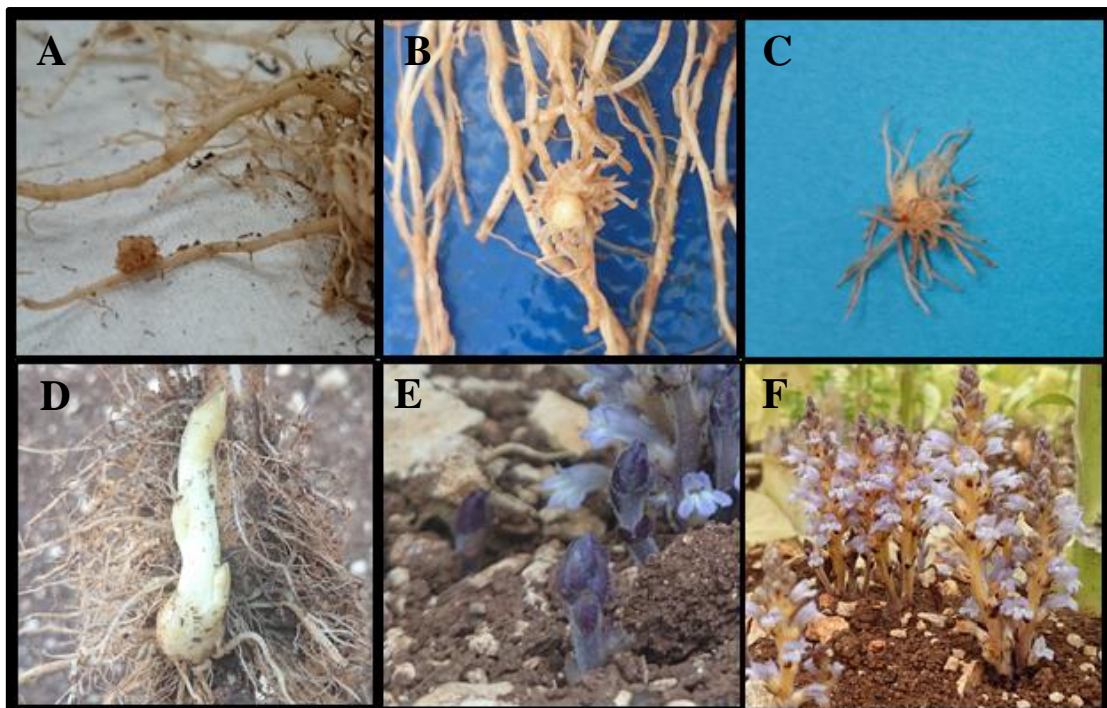


Figure 6 : Différents stades de l'orobanche rameuse sur tabac (photos personnelles)

Une fois la fixation effectuée, les cellules méristématiques du procaulôme pénètrent à l'intérieur de la racine hôte pour atteindre les éléments conducteurs de sève où elles trouveront leur alimentation (Sallé, et al., 2000). On comprend alors aisément que les plants de tabac parasités ne pourront pas se développer correctement car une partie des éléments nécessaires à leur développement sera absorbée par le parasite.

### iii. Les stades tubercule, bourgeon et tige souterraine

Après la fixation, il y a formation d'un tubercule, qui croît par renflement de la zone de contact, et formation de racines adventives (Figures n°5 et 6 : B & C) (Mornet, 2008). Ces dernières peuvent, si elles rentrent en contact avec une autre racine hôte, former des suçoirs secondaires (Dörr, et Kollmann, 1995).

Les cellules situées au sommet du tubercule se transforment ensuite en un bourgeon qui va alors s'allonger verticalement en une jeune tige souterraine et progresser dans la terre en direction de la surface du sol (Figures n°5 et 6: E). Dès l'émergence, un axe dépourvu de chlorophylle se développe. Celui-ci marque le début de la phase aérienne du cycle du parasite (Mornet, 2008).

### iv. L'émergence, la floraison et la fructification

Le début de la deuxième phase, qui ne représente qu'un quart du cycle (Mornet, 2008), est caractérisé par l'émergence de l'extrémité de la tige souterraine (Figures n°5 et 6 : E). Cette dernière, qui est dépourvue de chlorophylle, va se transformer en une hampe florale qui va rapidement fleurir (Brault-Hernandez, 2006). Après fécondation, chaque fleur pollinisée forme une capsule bivalve qui, une fois mûre, libère 500 à 800 graines qui seront à l'origine d'un nouveau cycle (Mornet, 2008).

Lorsque la culture est détruite (récolte...) l'orobanche meurt (parasite obligatoire) mais il est très important de noter que les hampes florales sont capables de survivre et de continuer leur développement après la mort de l'hôte. Cela permet la maturation des graines contenues dans les capsules (Parker, et Riches, 1993) et ainsi le renouvellement du stock semencier.

Il est également important de bien comprendre que les graines d'orobanche ne se trouvent pas uniquement en surface mais qu'elles sont réparties dans le sol. Or, le tabac va, au cours du temps, développer son système racinaire pour subvenir à ses besoins. Ainsi, ses racines vont explorer un volume de sol de plus en plus important et vont alors entrer en contact avec de nouvelles graines d'orobanche. Ces dernières vont alors être stimulées par les exsudats racinaires et germer à des moments différents. C'est ainsi que plusieurs stades d'orobanche peuvent cohabiter sur un même

## **II. Le tabac, une plante au cycle de culture original et idéal pour l'orobanche**

Le tabac, originaire d'Amérique du Sud, a été découvert à Cuba en 1492 par Christophe Colomb, puis introduit en Europe vers 1520. Ce n'est qu'en 1561 qu'il apparaît en France grâce à Jean Nicot sous forme de tabac à priser. La cigarette n'est apparue qu'au milieu du 19ème siècle (Delon, et al., 1992). Le tabac commun appartient à la famille des solanacées, comme la pomme de terre ou encore la tomate. *N. Tabacum* appartient au sous genre *Tabacum* et regroupe plus de 90% des variétés cultivées (ANITTA, 2010). En France, sont cultivés deux types de tabac : le Virginie, recherché pour ses qualités de remplissage et le Burley pour ses propriétés aromatiques. Ces deux variétés sont cultivées de manière sensiblement différente et le problème orobanche est essentiellement présent sur le Virginie. Nous nous focaliserons donc sur cette dernière variété.

Les rendements et la qualité des tabacs (maturité des feuilles, taux d'alcaloïdes...) sont fortement dépendants des conditions climatiques. La température optimale pour la croissance et le développement du tabac est de 27°C. Originaire des pays chauds, il est sensible à des températures inférieures à -3°C et sa croissance n'est possible qu'à partir de 10°C dans le sol (Delon, et al.,



1992). La durée de végétation est fonction du climat et peut aller de 60 à 150 jours (120 jours en France) (Figure n°7) (ANITTA, 2010). Les conditions climatiques nécessaires à la culture du tabac sont compatibles avec le développement de l'orobanche.

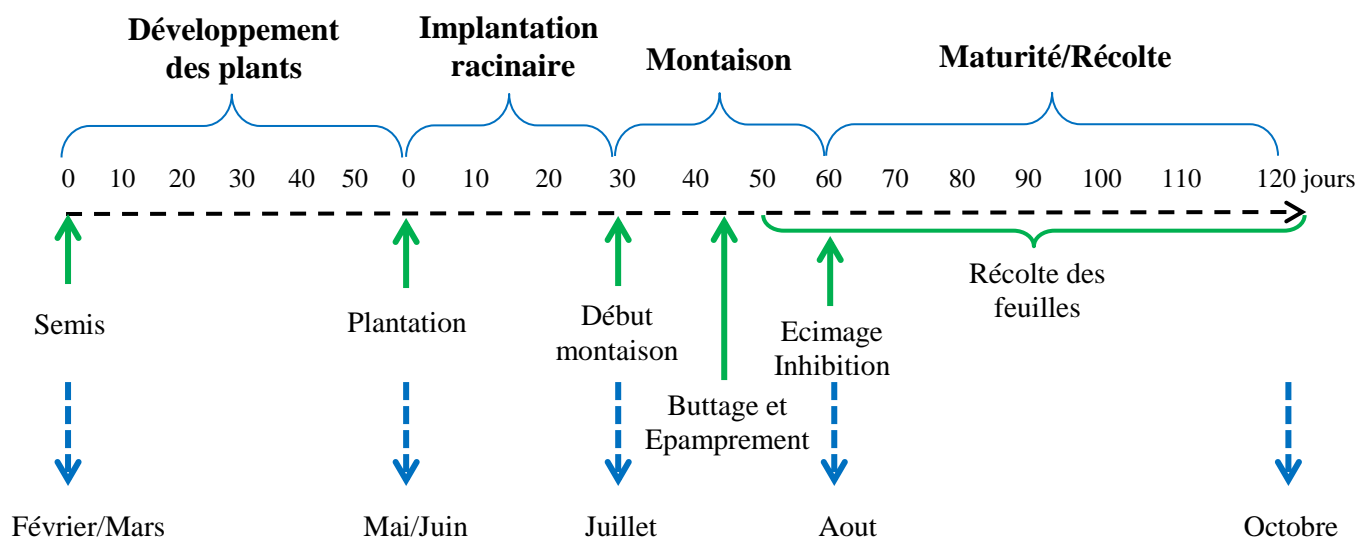


Figure 7: Cycle cultural du tabac Virginie

En raison de la petite taille des graines (Figure n°8A), le semis direct en plein champ n'est pas possible (Gisquet, et Hitier, 1961). La culture du tabac nécessite donc un semis en pépinière. Depuis le milieu des années 90, la technique du semis flottant s'est généralisée (Fontaine, et Martin-Monjaret, 2014). Cette technique consiste à semer les graines de tabac dans des petits blocs de terreau (mélange de tourbes) placés dans des plaques de polystyrène percées d'alvéoles. La production de graines est assurée par Imperial Tobacco sur son site de Bergerac qui est, à ce jour, indemne d'orobanche. Le mélange de tourbe est autoclavé afin de s'assurer de ne pas apporter de parasites ou pathogènes. Les plaques sont ensuite mises à flotter sur une solution nutritive en serre (Figure n°8B). La suite du cycle de culture est liée à la réussite du semis et à l'obtention de plants sains, vigoureux et ayant un système racinaire bien développé. Cette étape en pépinière est un élément garantissant l'absence de contamination.

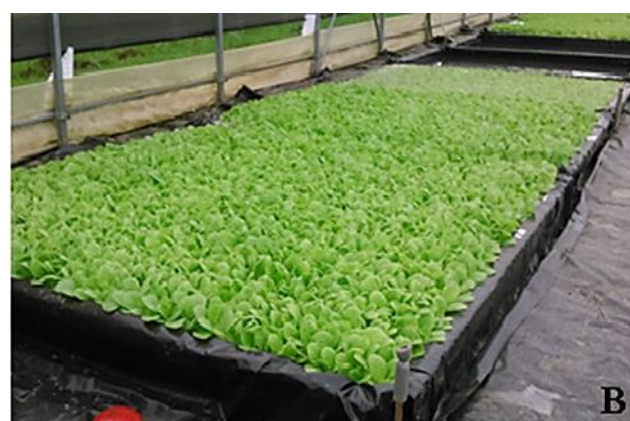


Figure 8 : A : Graines de tabac (enrobées et nues en haut à droite) (ANITTA)

B : Semis flottants de tabac (ANITTA)

Lorsque les plants possèdent 6 à 7 feuilles et mesurent entre 10 et 12cm, ils vont être transplantés au champ grâce à une planteuse (Figure n°9). Le repiquage commence à partir de la deuxième quinzaine de mai, ce qui correspond à environ 60 jours après le semis (Pitié, et Schiltz, 1999). La compacité ou densité de plantation va jouer sur : la quantité de feuilles, leur taille et leur épaisseur, l'alimentation minérale et hydrique et l'accès à la lumière. Pour le Virginie, sont plantés

25 000 à 30 000 pieds/ha et pour le Burley, on trouve 22 000 à 28 000 pieds/ha (Fontaine, et al., 2014). La bonne reprise des plants nécessite un arrosage ou une pluie significative (Brault-Hernandez, 2006).



**Figure 9 : Plantation du tabac (ANITTA)**

Le tabac nécessite un sol filtrant avec une bonne structure. Un précédent céréale permet d'obtenir cette dernière condition. Les légumineuses sont quant à elles à proscrire car elles peuvent apporter un excès d'azote. Il faut également éviter les précédents qui sont des cultures hôtes de l'orobanche rameuse (colza, aubergines, tomates...). En outre, la monoculture et les rotations courtes sont déconseillées car elles favorisent le développement des pathogènes (bioagresseurs, maladies, virus, adventices, orobanche...) (Delon, et al., 1992).

Environ un mois après la plantation, les plants de tabac sont buttés. Cela permet d'ameublir et d'aérer le sol ainsi que de chausser la plante pour la consolider et favoriser le développement de racines adventives qui contribuent à sa nutrition. Parallèlement, a lieu la montaison. C'est une période de croissance rapide du tabac et notamment du système racinaire. Toutefois, plus le tabac a de racines, plus les graines d'orobanche se trouveront près de l'une d'entre elles et pourront ainsi germer (Gisquet, et Hitier, 1961).

Afin de répondre à l'objectif d'obtenir des feuilles les plus développées possible, 60 à 70 jours après la plantation vient l'écimage (suppression du bourgeon floral) qui peut être manuel ou mécanique. Cette action entraîne le développement des bourgeons axillaires indésirables qui sont contrôlés par l'application d'inhibiteur chimique. Certaines spécialités sont formulées à base d'hydrazide maléique notamment qui s'avère avoir une action contre l'orobanche.

**Tableau 1: Besoins en éléments nutritifs du Burley et du Virginie pour une tonne de feuilles**

	Virginie	Burley
Azote	30 U	85 U
Phosphore	10 U	10 U
Potassium	50 U	90 U

Les faibles besoins en azote du Virginie ne permettent pas l'utilisation de certaines méthodes de lutte contre l'orobanche comme nous le verrons par la suite. Aux vues des différences de besoins azotés entre le Virginie et le Burley (Tableau 1), nous pouvons émettre l'hypothèse suivante : l'alimentation azotée plus conséquente en Burley pourrait expliquer, en partie, la moindre sensibilité de ce type de tabac vis-à-vis de l'orobanche (Fontaine, 2014, communication personnelle).

Une bonne maîtrise de l'irrigation est nécessaire pour obtenir une croissance régulière, une bonne homogénéité et une meilleure maturité des tabacs. Il est donc conseillé d'adapter l'intensité de l'arrosage et sa fréquence en fonction de la climatologie et du type de sol (ANITTA, 2001). Les variétés de Virginie nécessitent 490 mm d'eau par an (Fontaine, et Martin-Monjaret, 2014). Depuis quelques années, l'irrigation du Virginie par goutte à goutte s'est développée en Poitou-Charentes (80% des surfaces sont irriguées) (Fontaine, 2014, communication personnelle). Une partie des travaux actuels s'appuient sur ce système pour maîtriser l'orobanche.

Les premiers signes de maturité s'observent environ 60 jours après la plantation (légère décoloration de la feuille, port retombant...). Pour le Virginie, la cueillette a lieu feuille par feuille en fonction de la maturité (du bas vers le haut) ce qui nécessite 5 à 7 passages. Cette cueillette s'effectue avec un enjambeur porte-cueilleurs (Figure n° 10A) ou avec des récolteuses complètement mécanisées et s'étend de juillet à octobre (Fontaine, et Martin-Monjaret, 2014). Les feuilles sont ensuite disposées sur des peignes ou containers puis mises dans des fours pour être séchées à l'air chaud (Figure n° 10B).



**Figure 10 : A : Cueillette de Virginie grâce à un enjambeur porte-cueilleurs (ANITTA)  
B : Feuilles de Virginie séchées dans un four (ANITTA)**

La réussite de la culture nécessite donc une culture homogène au champ, ce qui est compromis sur les parcelles parasitées par l'orobanche rameuse. Dans ces cas, le producteur est contraint de passer beaucoup de temps pour réaliser ses interventions au champ et plus encore pour trier le tabac à la sortie des fours, du fait de la non homogénéité des feuilles.

Au fil du temps, les interventions sur les cultures de tabac se sont mécanisées, permettant aux exploitations de s'agrandir. Cette modernisation a vraisemblablement été favorable à la propagation du parasite orobanche. Le repérage et l'éradication des foyers d'orobanche sont également devenus plus complexes.

En résumé, out le cycle cultural du tabac nécessite, comme nous venons de le voir, de nombreuses interventions qu'elles soient mécaniques ou manuelles. Cela constitue un vecteur de propagation de l'orobanche rameuse d'une parcelle à l'autre. De plus, le tabac est une culture couteuse en temps de travaux et nécessite d'être homogène ce qui n'est pas le cas lorsque les plants sont parasités par l'orobanche. Plus encore que la diminution des rendements, cette non homogénéité entraîne une augmentation des temps de travaux et donc un manque à gagner. Dans la zone de production Poitou-Charentes, la culture du tabac est menacée par la problématique orobanche, contraignant certains producteurs à stopper la production. Sachant que dans cette zone 100 % des exploitations tabacoles sont concernées, à des niveaux divers, par ce parasite, il est nécessaire de trouver des solutions permettant de lutter efficacement contre l'orobanche rameuse.

### III. Les techniques de lutte testées sur les cultures hôtes de l'orobanche

Actuellement, les producteurs disposent de certaines techniques plus ou moins efficaces pour lutter contre l'orobanche rameuse. On peut distinguer trois types de méthodes : celles ayant pour but de réduire le stock de graines du parasite dans le sol, celles permettant de préserver le potentiel des cultures et enfin, celles visant à limiter l'augmentation de l'infestation.

#### 1. Méthodes de lutte visant à réduire le stock de graines dans le sol

##### i. Culture de faux-hôtes ou plantes pièges

Les plantes faux-hôtes sont capables, via leurs exsudats racinaires, de stimuler la germination des graines d'orobanche mais ne sont pas des hôtes potentiels du parasite. On peut citer *Capsicum annuum* (poivrons et piments) et *Linum usitatissimum* (lin) comme faux hôtes d'*O. ramosa* (Abu-Irmaileh, 1984). Ces plantes, ne permettent donc pas le développement de l'orobanche, ou tout du moins, la réalisation du cycle complet, et leur utilisation conduit à des "germinations suicides" (Sallé, et Aber, 1986).

Les plantes pièges, véritables hôtes de l'orobanche, permettent, quant à elles, l'accomplissement du cycle complet du parasite. Leur utilisation a pour objectif de faire germer un grand nombre de graines d'orobanche. Cependant, comme le parasite se développe normalement, il est impératif de détruire l'ensemble plante piège/parasite avant la fructification de ce dernier (Sallé, et Aber, 1986). Cette technique permet donc de réduire progressivement le stock de graines d'orobanche. Testé pendant 2 ans en culture dérobée, le trèfle incarnat, détruit avant la culture de tabac, n'a pas donné satisfaction, d'autant plus que le tabac blond de type Virginie est très sensible aux excès d'azote générés par la minéralisation de cet engrais vert. (Fontaine, 2013).

L'utilisation de ces techniques, se rapprochant de la technique du faux-semis, nécessitent que les plantes faux-hôtes et pièges soient semées 5 à 7 semaines avant la culture. Toutefois, il a été observé que ces techniques ne donnent des résultats satisfaisants qu'au bout de 3 ou 4 ans (Gibot-Leclerc, 2004).

##### ii. Molécules stimulant la germination de l'orobanche

Des molécules de synthèse, proches des substances contenues dans les exsudats racinaires des plantes sensibles, ont été utilisées pour stimuler la germination des graines parasites qui, en l'absence d'hôtes meurent.

A la fin des années 1970, les chercheurs estimaient que des analogues du strigol permettraient le contrôle de l'orobanche par induction de « germinations suicides ». Cela n'a pas donné satisfaction puisque ces molécules sont très instables dans le sol et perdent rapidement leur pouvoir excitateur (Dembélé, et al., 1994). Il faut également ne pas oublier les questions d'homologation et d'autorisation de mise sur le marché (AMM) (Fontaine, 2013). De plus, les conditions d'application sont tellement contraignantes (température, humidité...) qu'elles ne sont possibles qu'en laboratoire.

##### iii. Les méthodes de destruction des graines dans le sol

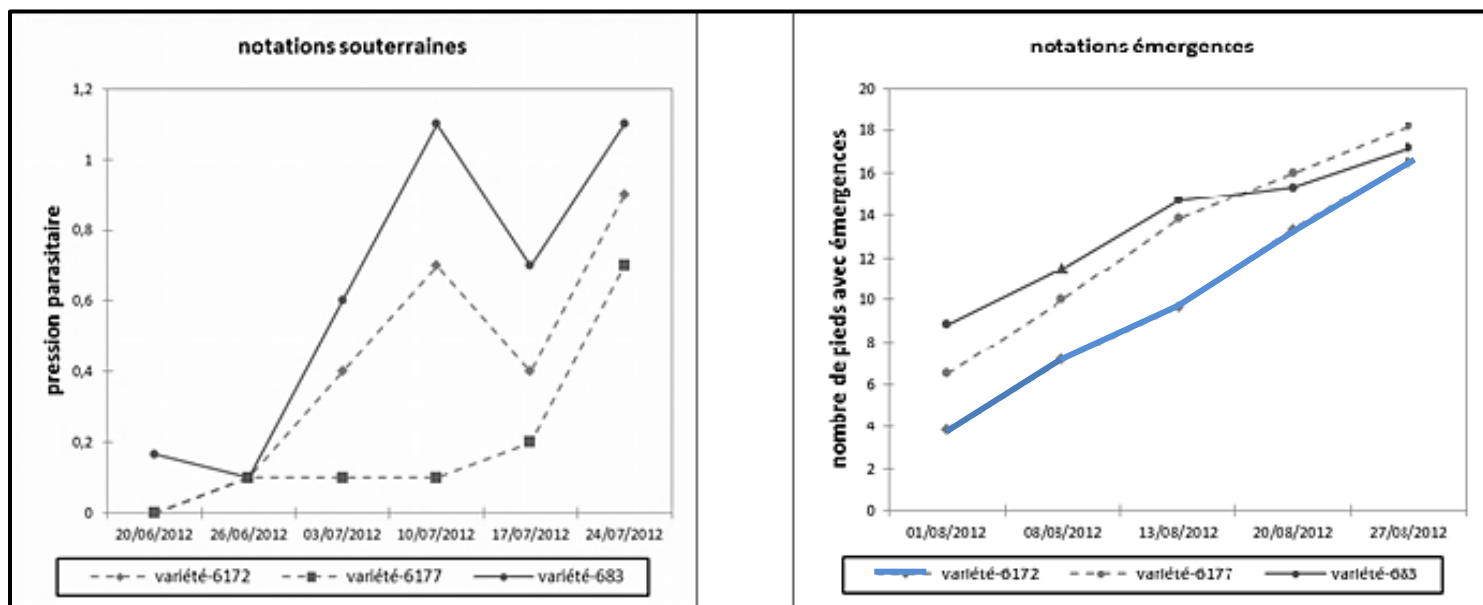
La solarisation consiste à recouvrir le sol contaminé, préalablement humidifié, d'un film en polyéthylène, durant 20 à 30 jours pendant la saison chaude (Sauerborn, 1991). La température sous la bâche dépassant les 50°C associée à l'humidité du sol, a un effet létal sur les graines d'orobanche. Cette technique doit durer de 2 à 6 semaines (Haidar, et al., 2000). En plus de détruire les graines d'orobanche, cette technique a un effet sur les graines d'autres mauvaises herbes, les nématodes et sur la microfaune et microflore du sol.

De même, l'application de fumigants dans le sol (en association ou non avec la solarisation) est efficace. On peut citer le bromure de méthyle ou le dazomet sur l'orobanche rameuse du tabac en Turquie (Nemli, et al., 1991). Les limites de ces traitements sont leur coût très élevé (0,15 € HT / m<sup>2</sup>) pour la solarisation et 0,60 € HT / m<sup>2</sup> avec la fumigation) et les difficultés d'application liées à des risques d'intoxication pour les agriculteurs, sans oublier les contraintes réglementaires relatives à l'autorisation de ces fumigants (Fontaine, 2013).

Le traitement thermique du sol consiste à provoquer un choc thermique, par élévation de la température à la surface du sol jusqu'à 1200°C, entraînant ainsi la mort des tissus végétaux et des graines. Cette méthode a été testée sur des parcelles de tabac en 2003 et 2004, par l'ANITTA afin de mesurer le potentiel de destruction du stock semencier. D'un point de vue technique, cette méthode de lutte donne entière satisfaction au niveau de la destruction des graines d'orobanche produites durant la saison culturale. Toutefois, un seul traitement est insuffisant pour réduire de façon significative le niveau d'infestation de la parcelle. Cette méthode nécessiterait d'être répétée sur plusieurs années. Il reste également à en déterminer l'efficacité sur les graines présentes dans le sol en fonction de leur niveau d'enfouissement (Fontaine, 2013). En effet, lors du travail du sol les graines situées en profondeur vont remonter à la surface. Il faudrait donc être sûr que ces graines ne germeront pas une fois la culture en place. En plus de l'impact sur la vie biologique du sol, la lutte thermique entraîne des coûts très élevés, qui ne sont pas compensés par les gains de productivité.

#### iv. La sélection variétale

Ces dernières années, des avancées ont été obtenues en matière de sélection variétale, par l'Institut du Tabac de Bergerac (Imperial Tobacco Group). Depuis 2011, un hybride tolérant, ITB 6172 est développé dans les zones infestées et mise en production depuis 2013. Cet hybride montre une certaine tolérance vis-à-vis de l'orobanche rameuse, notamment en ralentissant le cycle du parasite (Figure n°11). Néanmoins, en fin de saison, les résultats obtenus sont équivalents au témoin (ITB 683) (Fontaine, 2013). Un autre hybride, ITB 6177, a été obtenu mais sa culture ne s'est pas développée, le tabac issu de cette variété étant de moins bonne nature.



**Figure 11 : Evaluation de l'intensité parasitaire à gauche (0 : absence de fixations ; 1 : de 1 à 5 fixations ; 2 : plus de 5 fixations) et évolution de la pression orobanche sur placettes de 20 pieds à droite (Fontaine, 2013)**

Toutefois, il est important de bien voir que les variétés tolérantes sont capables de se développer avec le parasite. Ce dernier pourra alors réaliser son cycle complet jusqu'à la production de graines,

renouvelant ainsi le stock semencier du sol. Cette méthode permet donc d'assurer un rendement mais en aucun cas l'éradication du parasite.

## 2. Méthodes permettant de limiter l'augmentation de l'infestation

### i. Les pratiques culturales

Afin de limiter l'infestation des parcelles par l'orobanche rameuse, diverses pratiques culturales peuvent être mises en place. Le tableau 2 présente certaines d'entre elles avec leur principe et leurs limites.

**Tableau 2 : Pratiques culturales permettant de limiter l'infestation (d'après Brault-Hernandez, 2006)**

Méthode	Principe	Limites	Références
Arrachage	Arrachage manuel puis brûlage des hampes florales d'orobanche avant la fructification	Utilisable en cas d'infestation limitée Important besoin en main d'œuvre	Krishna Murty, et Raju, 1994 ; Lambrada, 1994
Date de semis ou plantation	Semer tardivement pour retarder la fixation du parasite	Réduction du rendement (diminution de la durée de culture)	Mesa-Garcia, et Garcia-Torres, 1986 ; Van Hezewijk, et al., 1987
Travail du sol	Enfouir les graines du parasite à plus de 30cm de profondeur afin de diminuer leur capacité germinative	Dispersion des graines dans l'ensemble de la parcelle + remonté des graines à la surface	Dembélé, et al., 1994 ; Fer, et Thalouarn, 1997
Rotation culturale	Eviter la monoculture et effectuer une rotation avec des cultures non-hôtes	Efficacité seulement après plusieurs années voire décennies de pratique	Dembélé, et al., 1994 ; Sallé, et al., 2000

### ii. La lutte chimique à base d'herbicides ou régulateurs de croissance

Certains herbicides systémiques, appliqués à faibles doses sur les feuilles de tabac, peuvent être véhiculés par systémie descendante vers le système racinaire de l'hôte où ils s'accumulent dans les stades souterrains de l'orobanche et y atteignent une concentration létale entraînant la nécrose du parasite. Cette méthode suppose une parfaite adéquation entre dose, stade du tabac et stade de l'orobanche (Fontaine, 2013).

Appliqué trop tard ou à trop faible dose, la technique n'a aucun effet sur le parasite. Apporté trop tôt ou à trop forte dose, l'orobanche est contrôlée, mais la phytotoxicité de l'herbicide pénalise la culture.

En culture de tabac, le glyphosate a montré son efficacité sur *O. ramosa* en Grèce (Lolas, 1986) et en Turquie (Nemli, et al., 1991). Il est important de rappeler qu'à une date donnée, on peut avoir des stades d'orobanche différents. Le traitement chimique va détruire les fixations mais sera inefficace sur les orobanches ayant déjà fructifiées et sur les graines amenées à germer ultérieurement. Sachant que l'efficacité dépend du stade de développement du parasite au moment du traitement, un institut de recherche allemand (LTZ Augustenberg) a développé un programme de

traitement, déclenché dès le stade tubercule de l'orobanche (déterminé par une somme de température). Des traitements sont ensuite réalisés tous les 15 jours, jusqu'à ce que la culture soit en mesure de supporter une application d'hydrazide maléique (Fontaine, 2013).

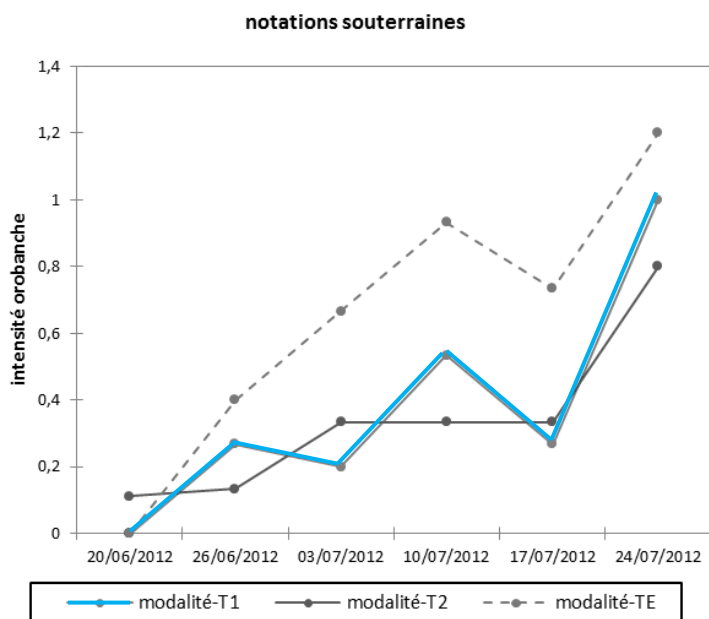
Une modélisation plus complète du cycle de l'orobanche avait été établie par Brault-Hernandez (2006), en s'appuyant sur des sommes de températures (Tableau 3).

Néanmoins, dans la zone ouest de la France, ce cycle théorique ne correspond pas toujours aux constats de terrains qui font parfois état d'émergences dès la fin juin, alors que le modèle n'a pas encore prédit de tubercules.

**Tableau 3: Stades et sommes de températures correspondantes (Brault-Hernandez, 2006)**

Stade orobanche	Somme de température
Tubercules	410°C
Tiges souterraines	800°C
1ères émergences	850°C
Émergences	1000°C
Floraison	1430°C
Fructification	2000°C

En 2012, une autre molécule de la même famille chimique que celle utilisée contre orobanche sur tabac oriental au Kazakhstan, le SC, a été mise en essai (modalités T1 et T2 de la figure n°12). Cet herbicide permet de ralentir la cinétique de développement du parasite (Fontaine, 2013).



**Figure 12 : Evolution de la pression d'orobanche (stades souterrains)**  
**T1 et T2 : SC et TE : témoin**  
**0 : absence de fixation ; 1 : de 1 à 5 fixations ; 2 : plus de 5 fixations**

Des essais en Grèce, avec un autre herbicide, l'hydrazide maléique, qui est aussi un régulateur de croissance, ont permis un bon contrôle d'*O. ramosa* sur 4 cultivars de tabac (Lolas, 1986). Une application d'hydrazide maléique au début de la floraison du tabac, présente l'efficacité maximale contre *O. ramosa* (Covarelli, 2002) dans les conditions de l'étude.

En 2012, des échantillons de hampes florales ont été prélevés sur les essais ayant reçu des applications d'herbicides ou d'hydrazide maléique, et transmis à l'Institut du Tabac de Bergerac (Imperial Tobacco) afin d'évaluer l'impact de ces substances sur le pouvoir germinatif des graines. Il s'avère que le taux de germination est fortement diminué suite aux traitements effectués. Néanmoins, ce résultat reste encore très nettement insuffisant pour contrôler les infestations. En

effet, après une application d'hydrazide maléique, 15% des graines restent viables. En revanche, après des pulvérisations foliaires avec l'herbicide SC, seulement 2% des graines peuvent germer (ITB, communication personnelle, 2014)

### iii. La chemigation : une autre façon d'apporter les produits

Depuis quelques années, de nouvelles méthodes d'irrigation et de fertilisation se sont développées grâce aux installations goutte-à-goutte, en particulier sur les exploitations de tabac Virginie. Ces nouvelles techniques d'alimentation minérale et hydrique de la culture semblent pouvoir compenser, en partie, les pertes de ressources engendrées par les prélèvements du parasite. Les cultures en goutte à goutte sembleraient moins impactées (Fontaine, 2013). Le dispositif 2014 permet de tester de nouvelles techniques d'application de substances actives (chemigation) pour améliorer l'efficacité des intrants. En 2013, les essais en pots ont permis de voir que cette technique retarde les émergences d'orobanche. De plus, on observe moins de phytotoxicité (apport de doses infimes) sur les pieds de tabac, alors que les mêmes dosages appliqués sur les feuilles sont préjudiciables.

### iv. Les solutions agronomiques ou biologiques

Un essai avec un stimulateur racinaire a été conduit en 2012, en partant de l'hypothèse selon laquelle, le tabac pourrait bénéficier d'un effet « starter » lui permettant de prendre l'ascendant sur son parasite. En effet, si le tabac parvient à se développer plus rapidement que l'orobanche la compétition hôte/parasite vis-à-vis de l'accès aux ressources nutritives sera favorable à la culture. Les résultats montrent, à l'inverse, un niveau d'infestation identique, voire supérieur au témoin non traité (Fontaine, 2013). Les tabacs ayant bénéficiés de l'effet starter étaient mieux développés que les témoins. Mais le chevelu racinaire était également plus important, ce qui a entraîné un plus grand nombre de fixations d'orobanche.

Des éléments bibliographiques, ainsi que des essais menés par l'ITB indiquent un effet de la fertilisation phosphatée sur l'infestation d'orobanche, vraisemblablement au travers des strigolactones dans la plante de tabac. En effet, il semblerait que le phosphore inhibe la synthèse des exsudats racinaires, comme les strigolactones, nécessaires à la germination des graines d'orobanche.

En situation de carence, la plante va augmenter la production d'exsudats racinaires (et de strigolactones) pour prospecter davantage d'éléments nutritifs, dont le phosphore. Les infestations les plus graves et les plus précoces sont localisées sur des sols calcaires (qui ont tendance à piéger l'élément P). Ce dernier fait corrobore l'impact de la fertilisation phosphatée. En 2013, des doses croissantes en phosphore ont été testées dans des séries de pots. Encore une fois, les résultats ne sont pas ceux attendus. En effet, il y a moins d'émergence que par rapport à un témoin n'ayant pas reçu de phosphore mais cela est dû au fait que le système racinaire du tabac est moins développé dans les pots ayant reçu un apport de phosphore. Les pratiques de fertilisation classiques en tabac permettent habituellement d'éviter les situations de carence en phosphore, d'autant plus avec les techniques de fertigation.

L'ANITTA, grâce au réseau européen qu'elle a constitué, a pu collecter et tester des échantillons de produits à base de mycorhizes, champignons, bactéries et méthionine. En 2012, une première phase d'essais en pots a été conduite, sans succès. L'essai a été reconduit en 2013 et n'a pas été réellement satisfaisant. La modalité « méthionine » a toutefois été remise en œuvre en 2014, car, en 2013, les produits n'ont pas été appliqués dans des conditions optimales.

Selon des témoignages, il y aurait une relation entre le taux de matière organique des sols et l'orobanche. En effet, un producteur de la région Poitou-Charentes, qui avait des foyers d'orobanche sur son exploitation, a apporté, chaque année, du compost sur ses parcelles afin de ne pas appauvrir son sol. A l'heure actuelle ce producteur n'a plus d'orobanche sur ses parcelles. Il se pourrait donc que le taux de matière organique du sol ait une influence négative sur le parasite. De



plus, des travaux menés par Haïdar et al. (2003), ont montré que les amendements organiques réduisent l'infestation par l'orobanche. En 2013, suite à ces constats, l'ANITTA a mis en place des essais afin de voir l'impact de la matière organique sur l'orobanche rameuse. Bien que les résultats obtenus ne soient pas suffisamment discriminants, on a pu observer que les pots avec matière organique présentaient moins, et moins rapidement, d'émergences d'orobanche que les pots témoins (qui contiennent de la terre contaminée et non enrichie en matière organique). Les écarts sont d'autant plus marqués que les doses de matière organique apportées sont élevées. Les résultats étant intéressants, ces essais sont reconduits cette année. Il paraît toutefois important de préciser que le choix de la matière organique doit être réfléchi. En effet, il faut veiller à ne pas apporter un fumier susceptible de contenir des graines de parasite sous peine de sur-contaminer sa parcelle, ni à apporter un substrat trop riche en azote incompatible avec la culture du Virginie.

Actuellement il existe plusieurs méthodes de lutte apportant une efficacité partielle et insuffisante. Le raisonnement actuel et à venir consiste à associer plusieurs techniques présentées précédemment.

#### **IV. Problématique : déterminer des solutions efficaces et vulgarisables chez les tabaculteurs**

Comme nous l'avons vu, l'orobanche est un parasite racinaire, en émergence depuis une dizaine d'années. *O. ramosa* affecte diverses cultures dont le tabac. La lutte s'avère difficile pour plusieurs raisons. En effet, l'orobanche rameuse produit un très grand nombre de graines qui se retrouvent dans tout le sol et se répandent facilement avec le vent, le matériel ou encore les opérateurs. De plus ces graines gardent leur viabilité pendant de nombreuses années et sont capables de s'adapter aux conditions édaphiques. De plus, les conditions de culture nécessaires au tabac (chaleur et humidité pour la reprise) sont favorables à l'orobanche tout comme les nombreuses interventions que nécessite le cycle de culture du tabac et qui permettent la dissémination du parasite. En outre, de nombreuses solutions ont déjà été testées pour lutter contre ce parasite mais en vain. L'un des points clés qu'il est important de garder à l'esprit est qu'à une date donnée, on peut avoir des stades d'orobanche différents. Les techniques de lutte doivent donc tenir compte de cette particularité.

Ainsi, face à l'augmentation de pression d'*O. ramosa* sur les cultures de tabac et le manque de solutions de lutte, l'ANITTA (et maintenant ARVALIS Institut du végétal) conduit des essais sur ce thème en collaboration avec la coopérative Poitou Tabac. L'objectif du stage consiste à évaluer différentes solutions agronomiques et chimiques quant à leur efficacité pour maîtriser l'orobanche, ou à défaut, à maintenir un potentiel de développement de la culture de tabac. Pour cela il faudra répondre à la question : « Quel leviers agronomiques et chimiques permettent de lutter efficacement contre l'orobanche rameuse en culture de tabac ? ».

## B. Matériels et méthodes

Deux essais ont été mis en place, l'un en serre chez Daniel MERIGOT et l'autre en plein champ sur une parcelle mise à disposition par les frères MORIN. La serre se trouve dans le département de la Vienne (86) et la parcelle dans les Deux-Sèvres (79) (Figure n° 13). L'essai en serre est mené dans des pots remplis de terre provenant d'une parcelle des frères MORIN infestée par l'orobanche.



**Figure 13 : Localisation de la parcelle d'essai (en bleu) et de la serre (en violet) (photos personnelles)**

Les deux sites étant distants de cinq kilomètres et les pots remplis avec de la terre de la parcelle, les caractéristiques pédoclimatiques sont donc considérées comme identiques à la serre et à la parcelle. Située à une centaine de kilomètres de l'océan, la parcelle bénéficie d'une influence océanique qui se traduit par une température annuelle moyenne de 12°C et une pluviométrie moyenne de 900 mm par an (Chambre d'agriculture Poitou-Charentes, 2012). Comme on peut le voir sur la figure n°14, la parcelle se trouve en plaine calcaire dans la plaine de Niort. Dans cette zone les sols reposent sur des marnes et calcaire jurassiques. Ils sont souvent caillouteux, peu profonds, de couleur rouge et calcaires. Les plateaux (cas de la parcelle) sont recouverts d'argile rouge non calcaire (Chambre d'agriculture Poitou-Charentes, 2012).

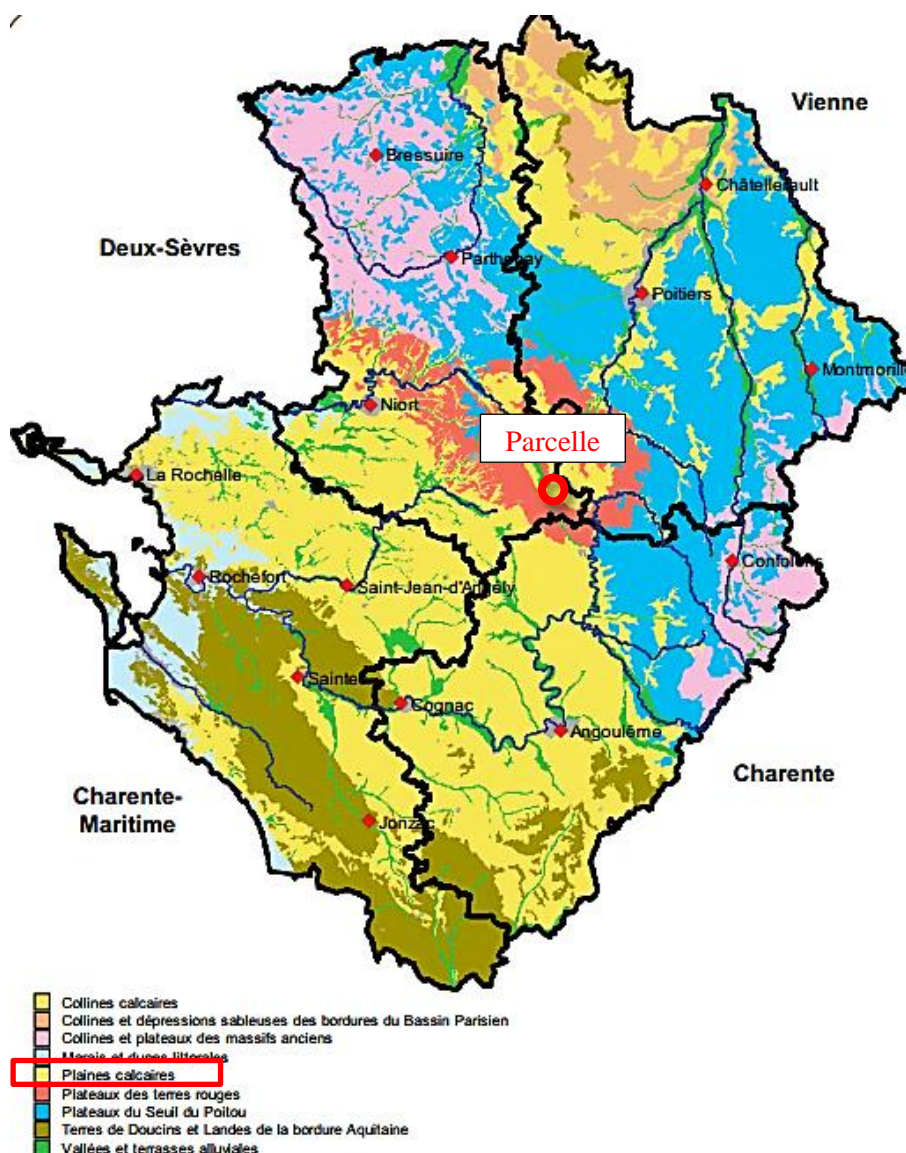


Figure 14 : Carte des grands ensembles de sol du Poitou Charente (source : IGN - BD Carthage - IGCS Poitou-Charentes)

## I. Matériel végétal

L'essai mené au champ a été implanté pour moitié avec une variété de tabac Virginie classique ITB 683, qui est représentative du secteur de production. L'autre moitié a été mise en culture avec une variété de tabac Virginie tolérante à l'orobanche, ITB 6172.

Même si, comme mentionné précédemment, une variété tolérante peut entretenir le stock semencier du parasite, l'hybride 6172 est utilisé dans une partie de l'essai en champ. En effet, jusqu'à ce jour, aucune technique utilisée seule ne s'est révélée suffisante pour venir à bout du parasite. Il apparaîtrait qu'il faille s'orienter vers des solutions dites multifactorielles.

Pour l'essai qui a été mené en serre, le tabac utilisé est du Virginie ITB 683, donc non tolérant à l'orobanche. De plus, une variété hongroise de tabac Burley a également été implantée. Cette dernière a été obtenue dans le cadre de l'AERET (Association Européenne pour la Recherche et l'Expérimentation Tabacole). Cette variété, fournie par AGROPORT (sélectionneur hongrois) est issue d'un processus de sélection classique et présente l'avantage d'être résistante au chlorsulfuron (herbicide). Cette molécule est difficile à obtenir sans qu'elle soit associée à d'autres herbicides. Une demande a été effectuée par Mme KANE (Arvalis Institut du Végétal), en charge des dossiers d'homologations. Toutefois, cette demande n'a pu aboutir cette année. Cette variété a donc été

implantée uniquement pour évaluer son allure. Elle ne sera pas prise en compte dans la suite du mémoire.

## II. Matériel d'irrigation

Depuis 2011, les essais au champ étaient irrigués par aspersion et les traitements réalisés par voie aérienne.

Aux vues des résultats des années passées (iii. La chemigation), il a été décidé de mettre en place un réseau d'irrigation goutte à goutte sur la parcelle. De plus, cela est pertinent à l'heure où 80% des exploitations tabacoles de Poitou Tabac sont équipées de cette manière. Ainsi, les produits phytosanitaires seront apportés en très faibles quantités et de façon localisée, directement au niveau des racines de la culture.

Cette année, l'essai au champ est donc équipé d'un réseau de gaines souples jetables. Ces dernières ont été installées en même temps que le tabac et positionnées sur la ligne de plantation à environ 3cm de profondeur. Chaque gaine est raccordée, grâce à une vannette, à un tuyau souple en polyéthylène (flat) lui-même relié à une électro-vanne permettant de gérer l'arrivée d'eau. L'ensemble du dispositif est schématisé sur la figure n° 15 ci-dessous. Ce système présente l'avantage de pouvoir réaliser des traitements de façon indépendante par micro parcelle ou groupe de micro parcelles.

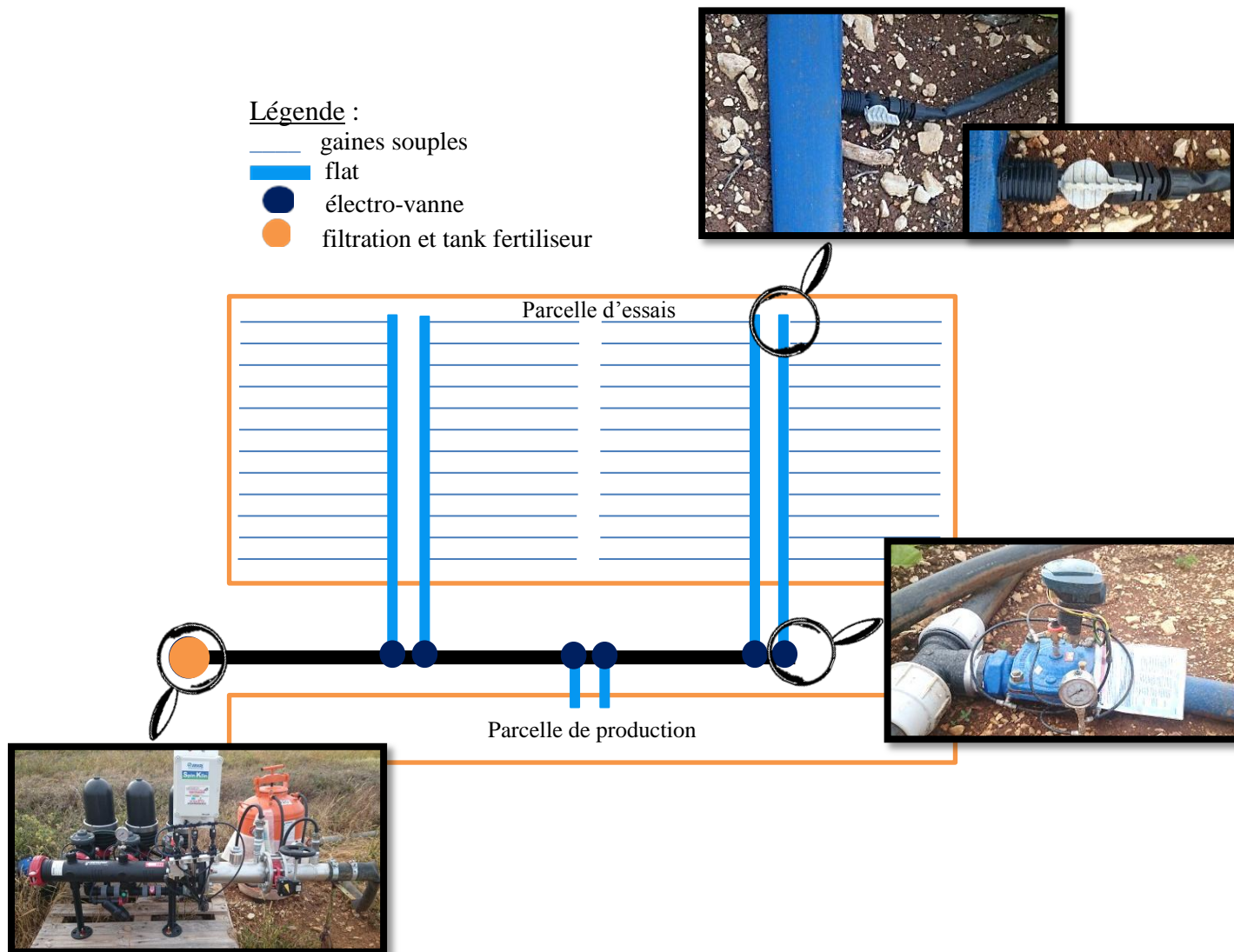


Figure 15 : Schéma du dispositif d'irrigation de la parcelle (photos personnelles)

L'essai mis en place à la serre est également irrigué en goutte à goutte. Dans ce cas, le dispositif est beaucoup plus simple. Il s'agit simplement d'un tuyau muni de petits capillaires possédant eux-mêmes un goutteur. Chaque goutteur est associé à un pot. L'ensemble du système est relié à un robinet géré par un programmeur (Figure n°16). L'apport de produits ne peut se faire via ce réseau ; les applications seront donc réalisées manuellement.



Figure 16 : Schéma du système d'irrigation à la serre (photos personnelles)

### III. Description des modalités et présentation du réseau d'essais

Les modalités mises en place ont été choisies en fonction des résultats des années précédentes à la suite d'un groupe de travail ayant eu lieu le 3 février 2014.

Ainsi, pour le champ, onze modalités différentes et cinq groupes de témoins ont été retenus (Tableau 4).

Tableau 4 : Présentation des modalités testées au champ en fonction de la variété implantée

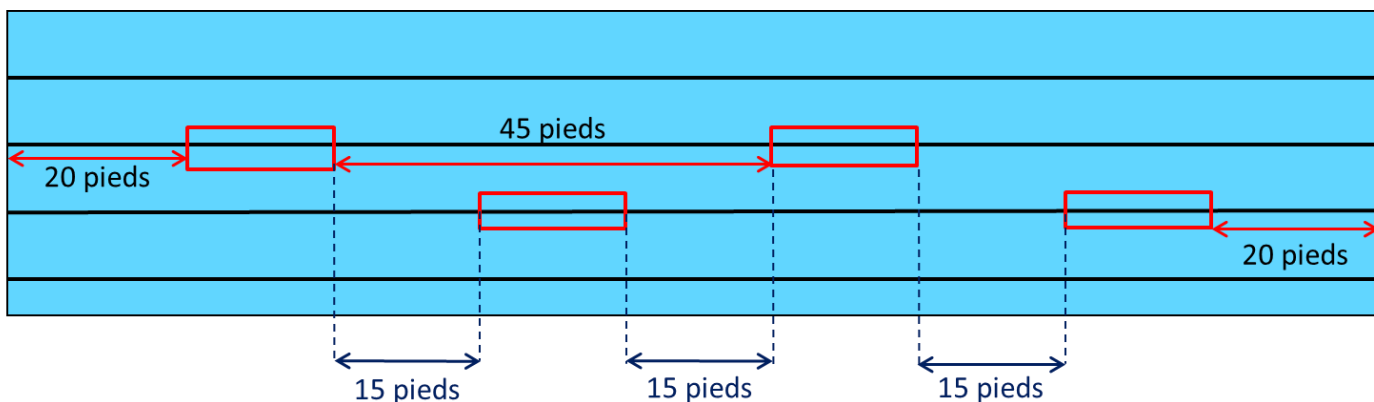
Variété ITB 683	Variété ITB 6172
Témoin (cinq répétitions)	Témoin (cinq répétitions)
Compost à 7T/ha	Compost à 7T/ha
Compost à 14T/ha	Compost à 14T/ha
Hydrazide maléique (régulateur de croissance) à quatre doses différentes dont une en foliaire	Hydrazide maléique (régulateur de croissance) à quatre doses différentes dont une en foliaire
SC46 (herbicide) associé à l'hydrazide maléique	SC46 (herbicide) associé à l'hydrazide maléique
	<u>Multifactoriel</u> fertilisation P 200kg/ha de 18-46 et programme hydrazide maléique normal
Méthionine	Méthionine
Acidification de la terre (deux variantes)	Acidification de la terre (deux variantes)

La superficie, d'environ deux hectares, de la parcelle mise à disposition a permis de réaliser quatre blocs accueillant 16 micro parcelles, chacune correspondant à une modalité particulière. La partie matière organique de l'essai comporte huit rangs de tabac « traités » et six rangs de tabac témoin. Cette particularité est imposée par le matériel utilisé pour épandre le compost. Les autres micro parcelles de l'essai comportent chacune quatre rangs de tabac. Dans tous les cas, les rangs sont espacés de 85 cm et sur un rang, les pieds se trouvent tous les 40 cm, soit 600 pieds par micro parcelle. L'ensemble du dispositif est présenté en figure n° 17.



Figure 17 : Schéma général de l'essai mis en place au champ

Pour la réalisation des notations, nous avons mis en place quatre placettes de 15 pieds chacune par micro parcelle. Les notations seront donc réalisées sur 60 pieds par micro parcelle. Pour chaque placette, on exclut les rangs de bordure pour ne conserver que les rangs intérieurs. La première placette sera placée 20 pieds après le début du rang et on aura 45 pieds entre deux placettes se trouvant sur le même rang (Figure n°18)



**Figure 18 : Schéma du positionnement des placettes (encadrés rouges) au champ**

A la serre, 17 modalités ont été retenues parmi lesquelles deux modalités « témoin » (Tableau 5).

**Tableau 5 : Présentation des modalités testées en serre**

<b>Variété ITB 683</b>
Témoin
Compost à 7T/ha
Compost à 14T/ha
Fumier à 7T/ha
Fumier à 14T/ha
SC46 (herbicide) associé à l'hydrazide maléique (deux variantes)
Hydrazide maléique (régulateur de croissance) à trois doses différentes
Méthionine
SC46 (herbicide) à deux doses différentes
Acidification de la terre (3 variantes)

Chaque modalité comporte 30 pots répartis en trois séries de 10. Nous avons donc 30 pots par modalité soit 540 pots au total. Le plan de la serre est représenté sur la page suivante (Figure n°19).

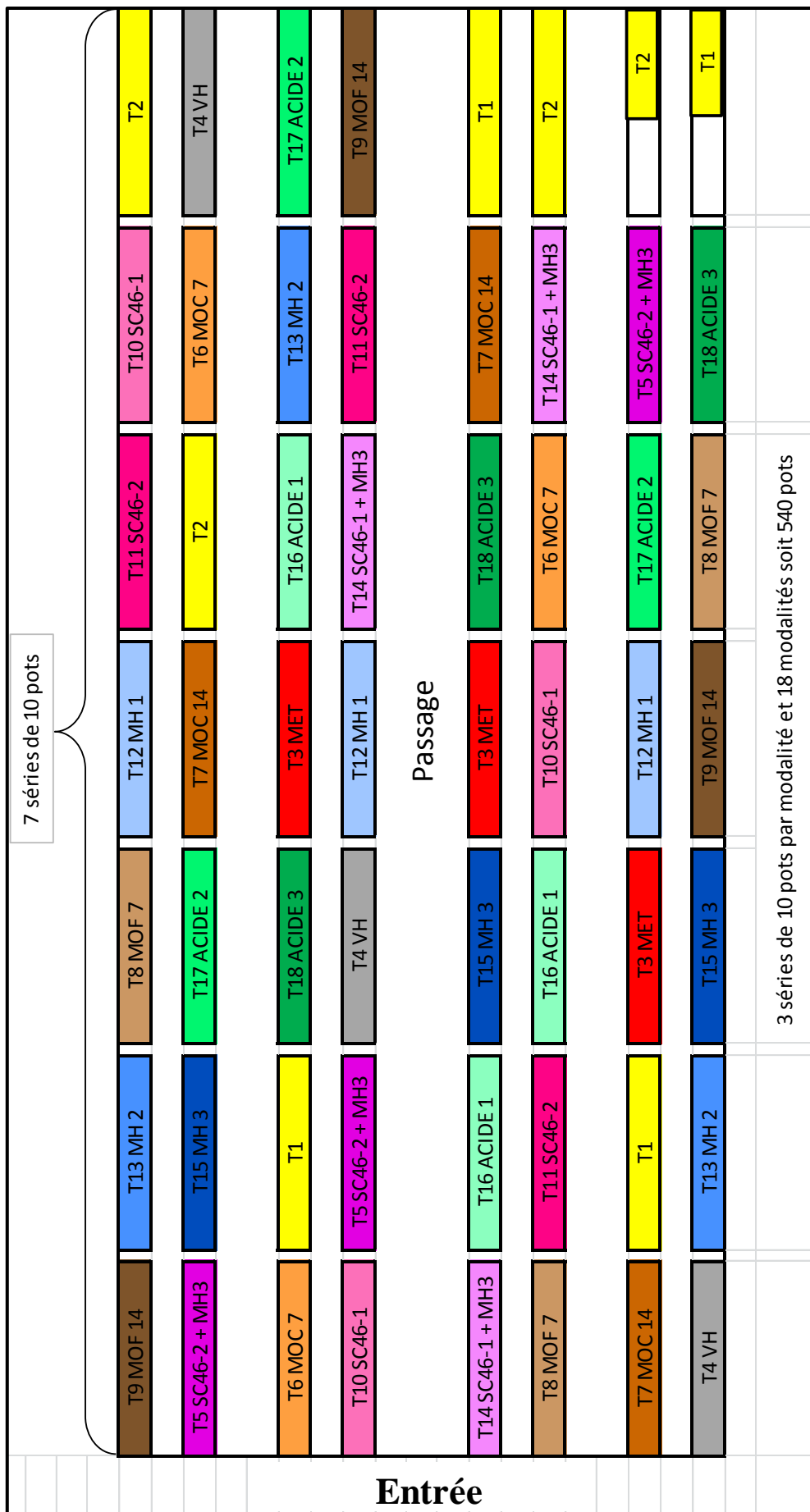


Figure 19 : Plan général de l'essai mis en place à la serre



## IV. Calculs des doses de produits à apporter

### 1. Matière organique

Dans les essais matière organique, 7 et 14 T/ha de fumier et 7 et 14 T/ha de compost ont été apportées dans les pots. Au champ, seule la modalité 7 T/ha et 14 T/ha de compost a été implantée. Le compost provient de la station de méthanisation Méthabelair, de Daniel MERIGOT. Les quantités apportées se basent sur les essais de l'année 2013 ainsi que sur les observations d'un producteur utilisant cette méthode contre l'orobanche.

### 2. Hydrazide maléique et SC46

Trois programmes à base d'hydrazide maléique (MH) ont été pratiqués, par injection dans le goutte à goutte. Un quatrième a été réalisé par pulvérisation foliaire, avec le même dosage que la modalité MH3. De plus, une cinquième modalité a consisté à ajouter un herbicide, le SC46, lors du premier apport du programme MH3. A la serre, deux programmes avec seulement l'herbicide SC46 ont été mis en place.

Hormis quelques modalités dans l'essai matière organique, contraintes à des dimensions compatibles avec les équipements pour épandre le compost, toutes les autres micro-parcelles sont de taille standard, à savoir 204m<sup>2</sup>. Les dosages des produits sont adaptés en conséquence.

Sachant que la densité de plantation est de 30 000 pieds/ha, le dosage correspondant à un pied a été divisé par cette donnée. C'est ce calcul qui a été utilisé pour déterminer les quantités à apporter en pots. L'ensemble des valeurs sont récapitulées dans le tableau 6.

**Tableau 6 : Détail des doses d'hydrazide maléique et de SC46 apportées au champ (en bleu) et à la serre (en violet)**

Traitement	1	2	3
MH1	1,5L/ha soit 0,05mL/pied	0	0
MH2	1,5L/ha soit 0,05mL/pied	2L/ha soit 0,067mL/pied	0
MH3	1,5L/ha soit 0,05mL/pied	2L/ha soit 0,067mL/pied	3L/ha soit 0,1mL/pied
MH4 foliaire	1,5L/ha soit 0,05mL/pied	2L/ha soit 0,067mL/pied	3L/ha soit 0,1mL/pied
SC46 1 + MH3	0,005mL/pied SC46 + 0,05mL/pied MH	0,067mL/pied MH	0,1mL/pied MH
SC46 2 + MH3	0,3L/ha SC46 + 1,5L/ha MH soit 0,01mL/pied SC46 + 0,05mL/pied MH	2L/ha MH soit 0,067mL/pied MH	3L/ha MH soit 0,1mL/pied MH
SC46 1	0,005mL/pied	0	0
SC46 2	0,01mL/pied	0	0

### 3. Acidification

Pour les modalités acidification du sol, la chose s'est portée sur l'acide nitrique, pour neutraliser le carbonate de calcium présent dans la terre. Pour les pots, on estime leur quantité de terre à 7 kg. Or d'après les analyses de terre, le sol contient 4g de CaCO<sub>3</sub> par kg de terre. On a ainsi 28g de CaCO<sub>3</sub> dans les 7kg de terre. C'est donc cette quantité qu'il faut neutraliser.

Pour cela, des apports d'acide nitrique dans le sol ont été réalisés. La densité de l'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) pur (100%) est de 1,51 g/cm<sup>3</sup> et 1 mole de HNO<sub>3</sub> pèse 63,01g. En outre, 1 mole de CaCO<sub>3</sub> pèse 100g et l'équation de la dissolution du carbonate de calcium par l'acide nitrique est :



Donc pour dissoudre 100g de CaCO<sub>3</sub>, il faut 2 moles de HNO<sub>3</sub> soit 1,51 \* (2\*63,01) = 0,19 L de HNO<sub>3</sub>. Pour dissoudre les 28g de CaCO<sub>3</sub> présents dans un pot, il faut donc 53 mL de HNO<sub>3</sub> pur par pot. Cette dose est considérée comme la dose maximale. Cependant, nous disposons d'acide à 57%. 53 mL de HNO<sub>3</sub> pur correspond à 93 mL d'acide à 57% (53 \* (100/57)). Les autres doses correspondent à une demi-dose et un tiers de dose (Tableau7).

**Tableau 7 : Détail des doses théoriques d'acide à apporter à la serre**

Numéro de l'application	1	2
ACIDE 1	11,6mL/pied	11,6mL/pied
ACIDE 2	23,5mL/pied	23,5mL/pied
ACIDE 3	46,5mL/pied	46,5mL/pied

Le tableau 8 présente, quant à lui, les doses réellement apportées. Compte tenu du changement d'acide (acide sulfurique initialement), les doses réellement apportées sont erronées.

**Tableau 8 : Doses d'acide réellement apportées à la serre (en gras)**

Numéro de l'application	1	2
ACIDE 1	<b>0,8mL/pied</b>	<b>0,8mL/pied</b>
ACIDE 2	<b>12mL/pied</b>	12mL/pied
ACIDE 3	<b>23mL/pied</b>	23mL/pied

Pour la parcelle, ce raisonnement ne peut pas s'appliquer. En effet, si l'on considère que l'on souhaite neutraliser l'ensemble du carbonate de calcium sur 30 cm de profondeur, les quantités à apporter sont beaucoup trop importantes. Comme l'approvisionnement en acide reste peu évident et que les essais menés ont pour but d'être transposables chez les agriculteurs, nous avons choisis d'appliquer 4 et 8 L par micro-parcelle. Néanmoins, ces doses restent importantes (environ 200 et 400 L/ha) et ont donc un coût non négligeable qu'il est important de prendre en compte. (1,50€ le litre soit 300 et 600€/ha). Cependant, cet acide permet d'apporter de l'azote au tabac ce qui, si cette modalité fonctionne, pourrait permettre de supprimer les apports d'azote lors du cycle de culture. Toutefois, il sera intéressant de chiffrer le gain de production (si la modalité est efficace) par rapport au surcout de l'acide.

N'ayant pas de donnée précise sur ce sujet, afin de ne pas trop pénaliser le tabac, les apports ont été réalisés en plusieurs fois (deux pour la serre et trois pour le champ). Toutefois, à la serre seules les deux applications pour la modalité ACIDE 1 ont été réalisées à quinze jours d'intervalle. En effet, suite à la première application d'acide, les tabacs ont été affaiblis. Pour la modalité ACIDE 3 nous avons même pu observer des nécroses au niveau du collet (Figure n°20). Nous avons donc décidé de supprimer la deuxième application. De plus, au champ la décision de réaliser ou non la troisième application a été prise en fonction de la couleur du tabac de la micro-parcelle en comparaison à des parcelles de production.

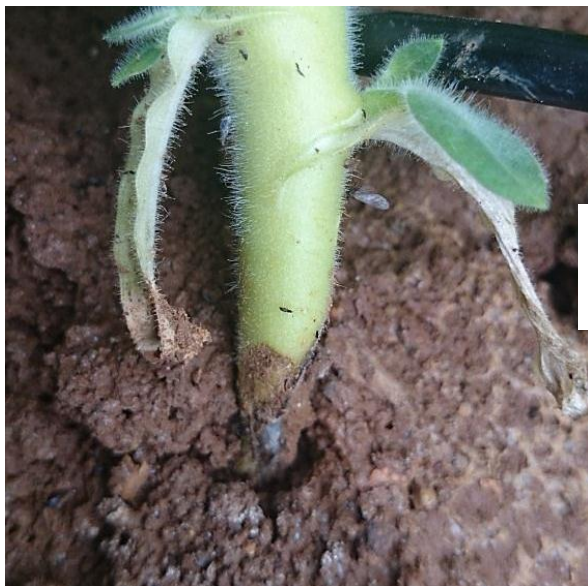


Figure 20 : Pied de tabac présentant une nécrose au niveau du collet (photo personnelle)

#### 4. Méthionine et multifactoriel

Pour ce qui est de la méthionine, la dose appliquée cette année est la dose maximale appliquée en 2013, soit 1,35g par pied. L'apport s'est fait par trempage des pieds pendant 30min juste avant la plantation.

L'essai multifactoriel a quant à lui été conduit intégralement avec la variété 6172, tolérante à l'orobanche, avec 200 kg d'engrais 18-46 (contre 100kg pour le reste de la parcelle) et un programme à base d'hydrazide maléique correspondant à la modalité MH3 (1,5L/ha-2L/ha-3L/ha).

#### V. Méthode de notation

Les notations se sont déroulées en deux étapes pour s'adapter au cycle de développement de l'orobanche et à intervalle d'une semaine.

- Notations souterraines, des fixations :

Au champ, c'est le nombre de fixations par plante sur quatre pieds par micro-parcelle qui a été noté. En pots, il s'agit du nombre de fixations par plante sur trois plantes par modalité qui a été noté, lorsque les premières fixations sont observables dans les pots témoins.

- Notations des émergences, qui ont eu lieu toutes les semaines à partir du moment où les premières émergences ont été observées.

Au champ, est noté le nombre de pieds présentant des émergences sur quatre placettes de 15 pieds, alors qu'à la serre c'est le nombre de pots avec des émergences par rapport au nombre de pots total restants après arrachage.

Lors de la dernière notation au champ et à la serre, il faudra évaluer le nombre de pieds morts ou gravement affectés à cause de l'orobanche par micro-parcelle et évaluer le développement de la

plante (développée, moyenne ou chétive). Cette évaluation se fera « à dire d'experts ». Dans l'idéal, il faudrait aboutir à un rendement, mais cela reste trop compliqué. En effet, il faudrait réaliser des cueillettes individualisées par modalité, ce qui nécessite de la main d'œuvre et du temps, et le séchage, qui, lui monopoliserait un séchoir à part ce qui n'est pas envisageable chez les producteurs.

## **VI. Le traitement des données**

Que ce soit au champ ou à la serre, les essais ont été disposés en blocs avec des répétitions et les notations effectuées, chaque semaine, sur les mêmes individus. Les variables à expliquer sont quantitatives (nombre moyen d'orobanche et pourcentage de pieds attaqués pour le champ et pour la serre, le nombre moyen de fixations par pied puis le pourcentage de pots avec des émergences) et les variables explicatives sont qualitatives (bloc, variété, traitement). Cela offre donc la possibilité de procéder à des analyses de variance à mesures répétées.

Le traitement des données va être réalisé avec le logiciel XL stat. Ce dernier est une extension pour Microsoft Excel qui permet l'analyse de données statistiques.

Sachant qu'au moment de rédiger ce mémoire (10/09/2014), toutes les notations ne sont pas terminées. En effet, il manque les résultats d'une notation finale estimant notamment le potentiel de développement du tabac et la vigueur de l'orobanche. Néanmoins, une analyse approfondie sera effectuée en date du 5 septembre avec une analyse de variance sur les données individuelles.

## **C. Résultats et discussion**

Les résultats présentés ci-après découlent donc de cette analyse de variance. Pour faciliter la compréhension, les résultats vont être séparés en deux parties : tout d'abord les résultats obtenus au champ et ensuite ceux de la serre. Chaque partie sera subdivisée par famille de modalités. Enfin, pour chaque cas, seront présentés, en petit, en haut à gauche, les graphiques obtenus suite aux notations souterraines et en grand les graphiques découlant de la notation des émergences. Les résultats des témoins correspondent à la moyenne de tous les témoins confondus (variété 683 et 6172) sauf pour l'essai multifactoriel (uniquement variété 6172).

# 1. Résultats et discussions relatifs aux modalités testées au champ

## i. Intérêt de la matière organique confirmé

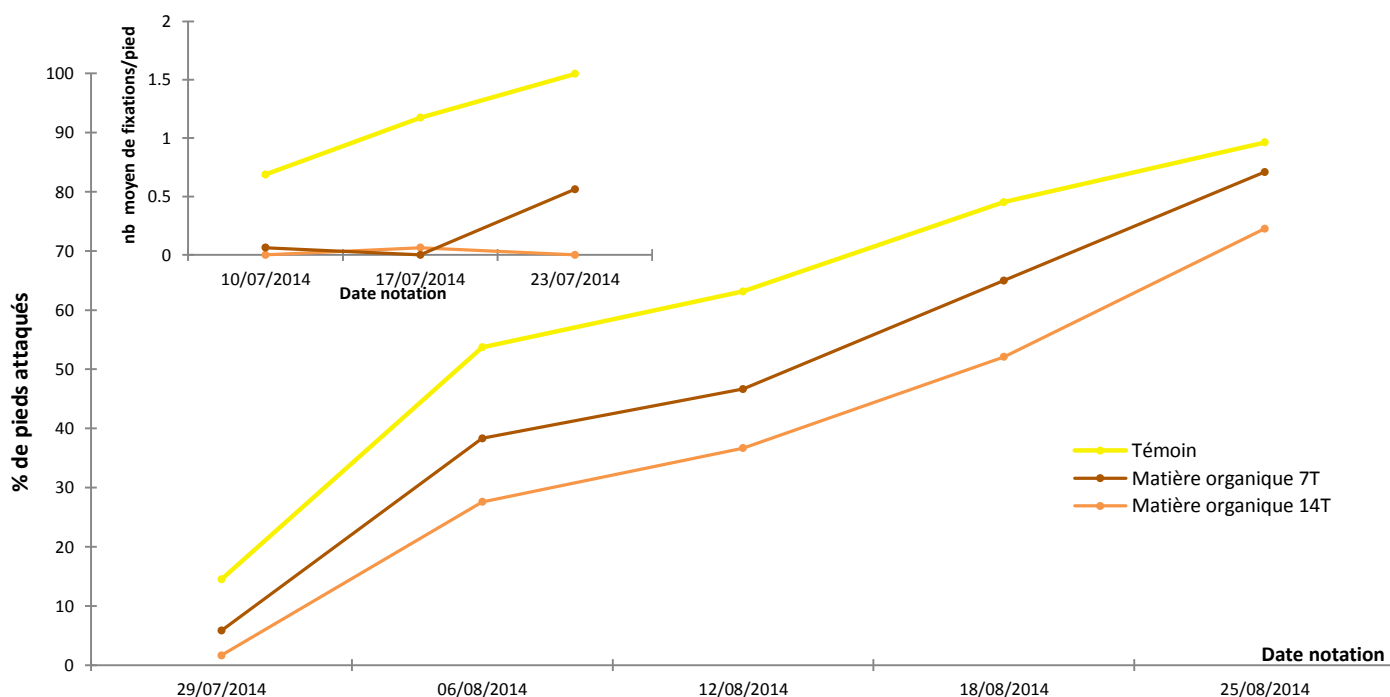


Figure 21 : Evolution de la pression d'orobanche pour la modalité matière organique

Pour cet essai, le nombre de fixations par pied augmente moins rapidement pour les modalités avec matière organique (7 et 14T/ha) que pour le témoin qui n'a pas reçu de compost. Cette observation est également valable pour les émergences, avec un effet dose. En effet, plus la quantité de compost apportée est importante et moins il y a d'émergences. Ces observations viennent conforter les observations de l'année 2013, qui montraient la même tendance.

## ii. Chemigation : résultats décevants pour l'hydrazide maléique mais encourageants pour le SC46

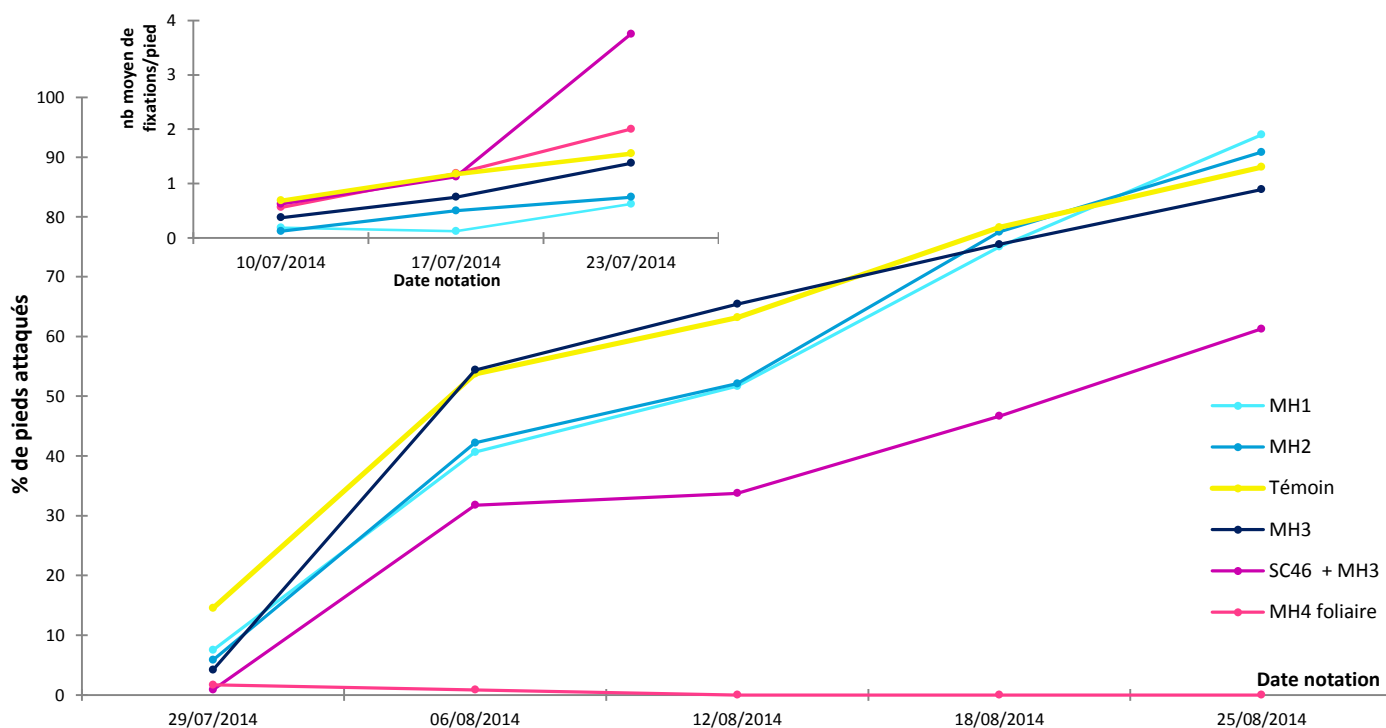


Figure 22: Evolution de la pression d'orobanche pour les modalités chemigation

Pour toutes les modalités, le nombre de fixations suit la même cinétique. Cependant, la modalité SC46 + MH3 semble se détacher des autres modalités sans cela ne soit cohérent. Toutefois, les notations ont été réalisées sur seulement quatre pieds et comme la répartition du parasite est très hétérogène, ce qui pourrait expliquer cette observation. Au niveau des émergences, deux modalités se dégagent des autres. En effet, la modalité MH4 présente une efficacité totale sur l'orobanche puisqu'aucune émergence n'est présente. Cependant, l'application d'hydrazide maléique par voie foliaire entraîne une phytotoxicité très prononcée au niveau des plants de tabacs (Figure n°23). Il ne s'agit donc pas d'une solution tangible pour lutter contre l'orobanche.



**Figure 23 : Plant de tabac présentant une phytotoxicité suite à l'application d'hydrazide maléique par voie foliaire**

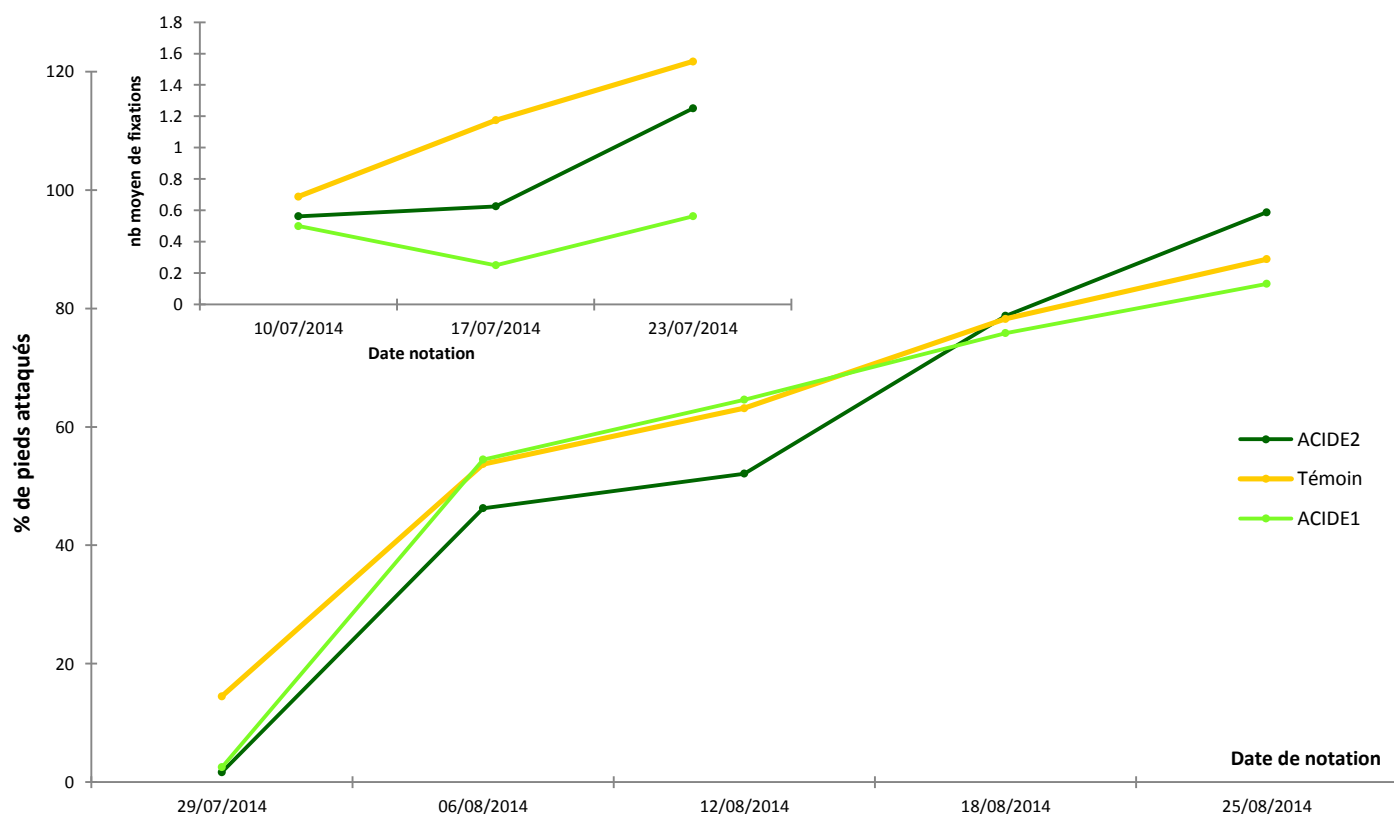
L'autre modalité qui se détache est SC46 + MH3. Même si elle ne permet pas un contrôle total des émergences d'orobanche, cette modalité présente tout de même 25% d'émergences en moins par rapport au témoin. Les modalités à base d'hydrazide maléique sont quant à elles proches du témoin. Cela ne confirme pas les observations réalisées par Bernard Cailleteau de l'Institut du Tabac de Bergerac (ANNEXE IV), qui avait démontré l'efficacité de l'hydrazide maléique sur l'orobanche via une absorption racinaire. Cependant cette expérience a été réalisée avec de la tourbe et non de la terre (contenant de l'argile) qui a pu fixer les molécules de matière active, les rendant ainsi indisponibles pour la plante. De plus, les pots de tourbe étaient placés dans des bacs contenant une solution d'hydrazide maléique, qui était donc disponible « en continu » pour la plante. De même en 2013, les essais en pots laissaient entrevoir l'intérêt de ce mécanisme. Les résultats 2014 sont donc en deçà des espérances mises dans cette technique

Pour la modalité contenant de l'herbicide SC46, il est important de signaler à nouveau que ce produit n'est pas autorisé, à ce jour en culture de tabac. Malgré son efficacité qui semble intéressante, cette solution ne peut, en l'état actuel des choses, être proposée aux producteurs de tabac.

Des analyses de résidus vont être réalisées sur les feuilles des tabacs de cette modalité afin de voir si ce produit se retrouve dans les feuilles sèches.

A la lecture de ces résultats, il serait intéressant de renouveler les essais à base d'hydrazide maléique en augmentant les doses de produit afin de surmonter un possible effet de dilution ou blocage dans le sol. De plus, un test hors essais a été réalisé et a montré que la dose maximale autorisée (12L/ha) n'entraîne pas de phytotoxicité sur le tabac en goutte à goutte. Pour le SC46 il faudrait également augmenter les doses afin de voir s'il existe une corrélation entre la quantité de produit apportée et le nombre de pieds parasités par l'orobanche et déterminer la dose maximale sans signe de phytotoxicité.

### iii. Intérêt mitigé de l'acidification sur la présence d'orobanche



**Figure 24 : Evolution de la pression d'orobanche pour la modalité acidification**

Pour cette modalité acidification, les deux doses d'acide aboutissent au même résultat. En effet, quelle que soit la dose appliquée, le pourcentage de pieds atteints est sensiblement le même que pour le témoin. Cependant, il faut remarquer que lors des notations il est apparu que les émergences étaient moins vigoureuses pour les modalités ayant reçu de l'acide que sur le témoin. De plus, du fait de l'azote apporté par l'acide nitrique, les tabacs étaient beaucoup plus développés voire non récoltables car trop verts. Il est alors apparu intéressant de connaître la quantité d'azote apportée par l'application de cet acide.

La masse molaire de l'acide nitrique  $\text{HNO}_3$  est de 63g/mol et 1kg de  $\text{HNO}_3$  contient 0,22 kg d'azote (masse molaire N/masse molaire  $\text{HNO}_3$ ), soit 0,22 U d'azote.

La densité de  $\text{HNO}_3$  est de 1,513 donc  $1\text{kg} = 0,66\text{L} = 0,22\text{ U d'azote}$ . Ainsi, 1L de  $\text{HNO}_3$  à 100% apporte 0,34 U d'azote et 1L de  $\text{HNO}_3$  à 57% fournit 0,192 U d'azote.

Une micro parcelle de 204m<sup>2</sup> a reçu 4L de  $\text{HNO}_3$  soit 0,77 U d'azote, ce qui représente 37,7 U d'azote/ha. Or, comme vu précédemment (II. Le tabac, une plante au cycle de culture original et idéal pour l'orobanche) le tabac de type Virginie nécessite 30U d'azote pour réaliser l'ensemble de son cycle de culture. Avec seulement un apport d'acide nitrique à 4L, il y a excès. Pour la dose double, 8L l'apport d'azote par l'acide est beaucoup trop important pour le tabac. De plus, nous avons réalisé trois apports d'acide, ce qui représente 111 U d'azote pour la modalité à 4L et 222 U d'azote pour la modalité ayant reçu 8L.

Ces modalités ne contrôlent pas l'orobanche mais permettent toutefois le développement du tabac et donc un potentiel de récolte. Suite à des soucis d'application liés à l'acide, les premiers apports ont été retardés, ce qui a pu limiter l'effet présumé sur l'orobanche. Il serait intéressant, l'année prochaine, de réaliser la première application dès la plantation mais également d'utiliser de l'acide sulfurique ou chlorhydrique afin de ne pas apporter trop d'azote aux plants de tabac, comme envisagé initialement. Néanmoins, en apportant un acide autre que le nitrique, le tabac ne

bénéficiera pas de l'effet azote et ne présentera pas un développement aussi important que cette année. Il sera alors possible de voir un éventuel effet acide sur l'orobanche. Une autre solution à envisager serait de ne pas effectuer le premier apport d'azote à la culture et de remplacer celui-ci par une application d'acide nitrique.

#### iv. Méthionine : revoir complètement la méthodologie d'application

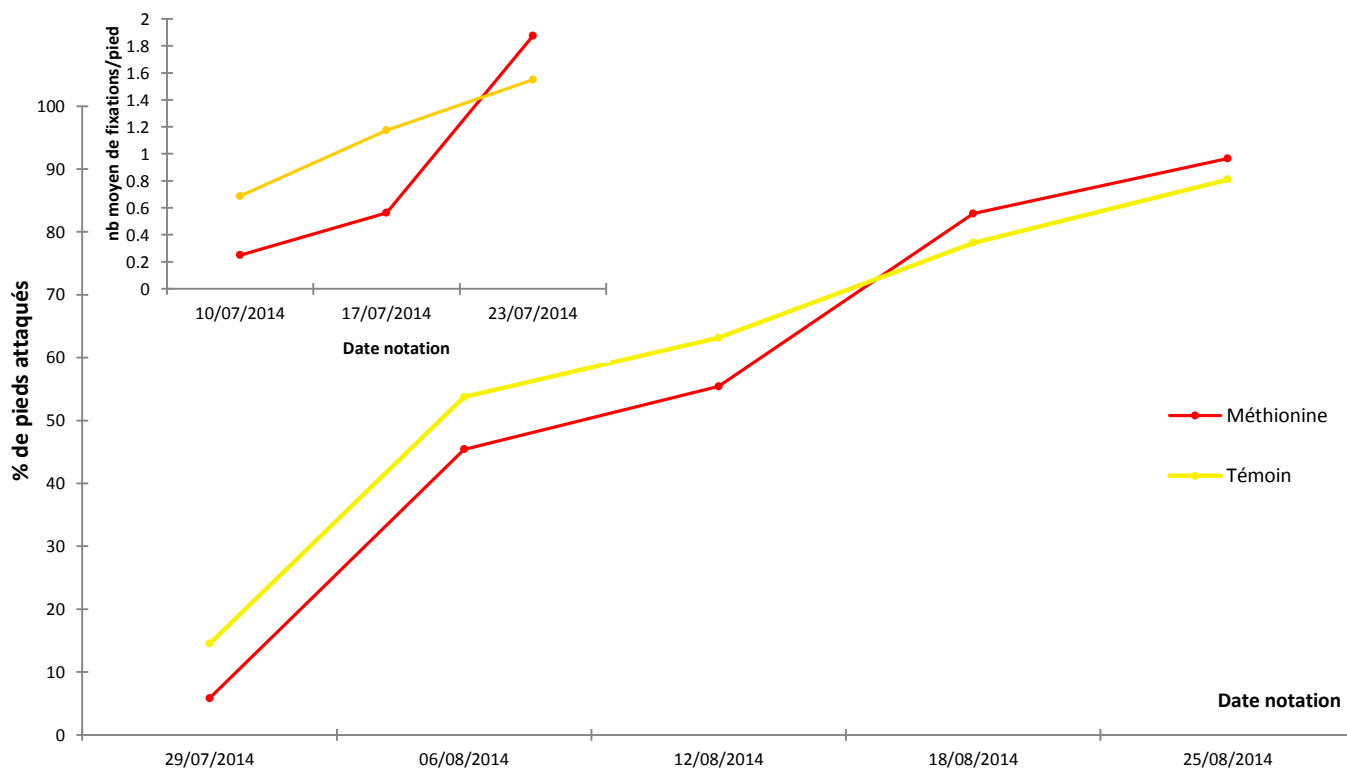
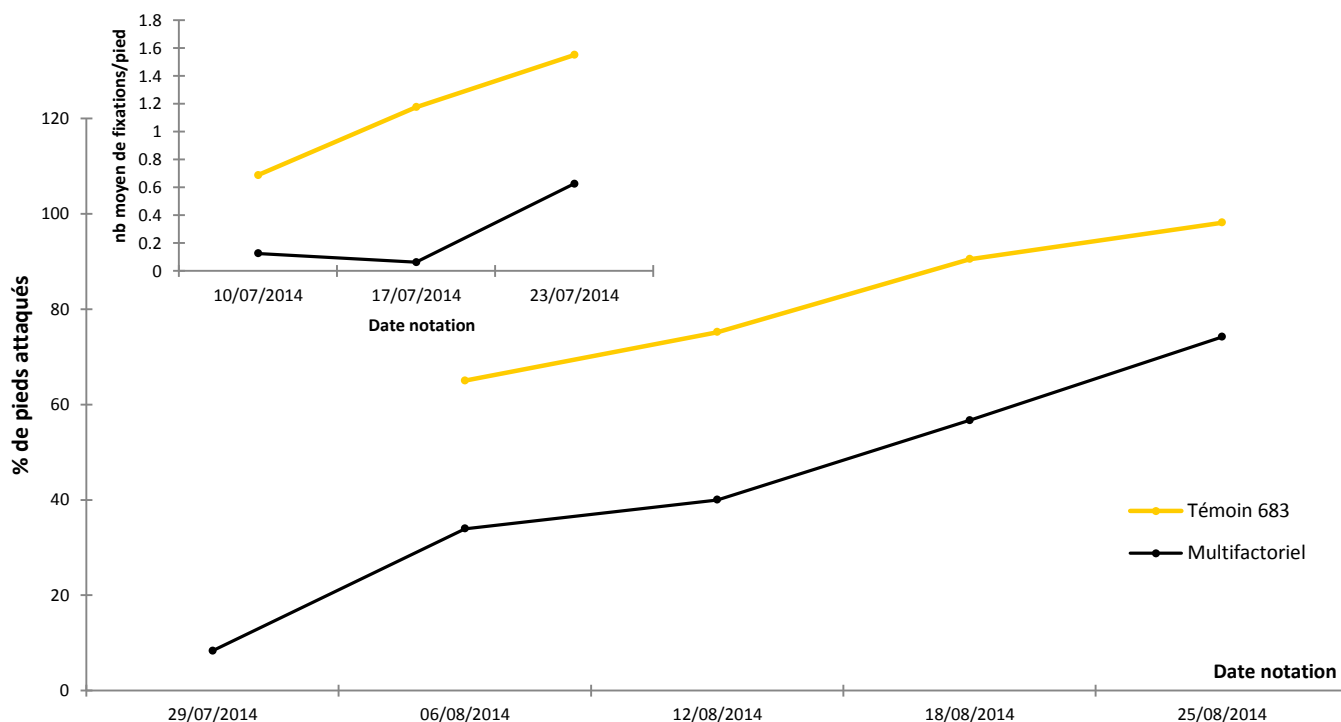


Figure 25 : Evolution de la pression d'orobanche pour la modalité méthionine

La dose de méthionine (1,35g/pied) semble trop élevée car elle a entraîné la mort d'un grand nombre de pieds de tabac dans les semaines suivant la plantation (racines brûlées). Les tabacs ayant survécus ont pris du retard dans leur développement ce qui explique le nombre plus faible de fixations sur les deux premières dates de notation. En effet, plus le tabac se développe, plus ses racines prospectent un volume de sol important et plus il est susceptible de stimuler un nombre de fixations important. Par la suite, les émergences sont aussi nombreuses que pour le témoin non traité. Cette modalité, en plus d'entraîner un peuplement hétérogène sur la parcelle et un retard de croissance, ne permet pas de contrôler l'orobanche. Toutefois, il faut rappeler que cette modalité découle d'un « protocole » indien incomplet (temps de trempage...). Le trempage apparaît comme trop agressif pour les jeunes plants et il serait peut-être envisageable d'incorporer la méthionine en poudre directement dans le sol dans le but de perturber les graines d'orobanche. De plus, la quantité apportée est trop importante, mais comme nous le verrons pour la serre, une dose inférieure semble moins impacter le tabac.

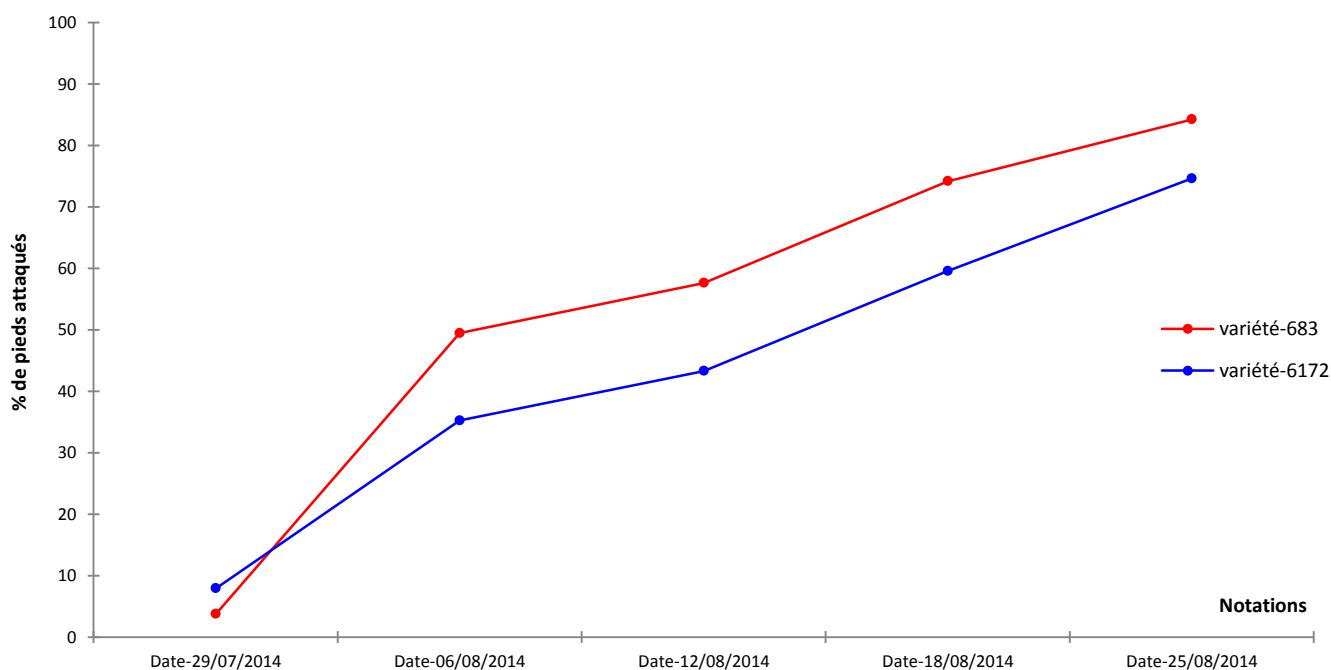


## v. Approche multifactorielle intéressante



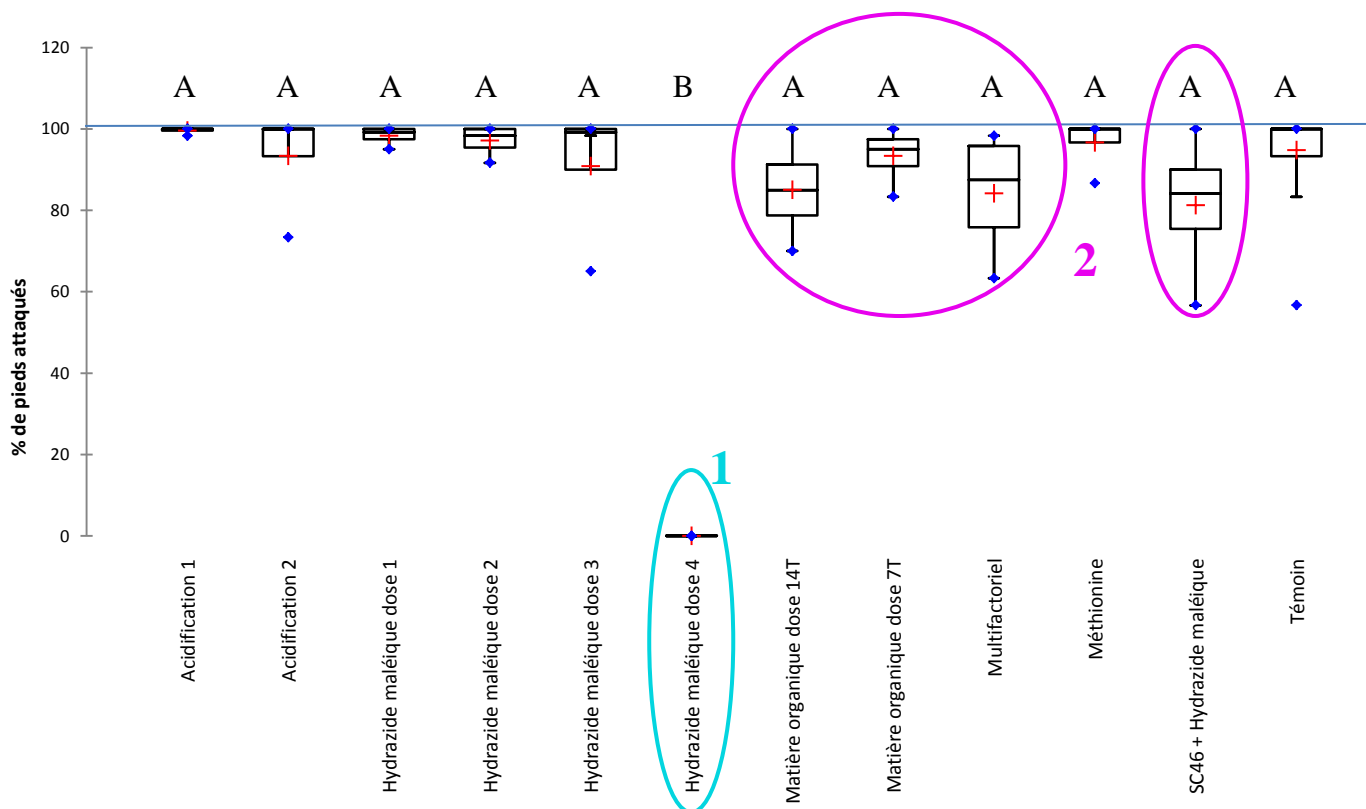
**Figure 26 : Evolution de la pression d'orobanche pour la modalité multifactorielle**

L'essai multifactoriel a été comparé aux résultats des témoins de la variété 683 uniquement. Les fixations apparaissent plus tard et de façon moins importante sur la variété tolérante. Les émergences sont également moins nombreuses de 24% par rapport au témoin. Le tabac 6172 est présente moins d'orobanche (10%) que le tabac 683, comme on peut le voir sur la figure n° 26. Visuellement, la variété tolérante (6172) est plus développée que l'ITB 683, ce qui devrait ressortir avec les notations du développement.



**Figure 27 : Evolution de la pression d'orobanche en fonction de la variété**

Il faut, une fois encore, rappeler que cette variété peut se développer même parasitée par l'orobanche, ce qui va permettre au parasite de réaliser son cycle et donc se reproduire, entretenant ainsi le stock grainier. Toutefois, cette alternative permet aux producteurs de ne pas avoir une perte de rendement de 100%. En outre, comme nous l'avons vu sur la figure n°25, le fait d'associer cette variété tolérante à d'autres leviers (hydrazide maléique et fertilisation) permet d'obtenir des résultats intéressants pour l'avenir.



**Figure 28 : Box plots et significativité (lettres) des différentes modalités testées au champ au 5 septembre**

L'analyse statistique des notations au 5 septembre 2014 montre que seule la modalité à base d'hydrazide maléique à la dose 4 est significativement différente des autres modalités. Les différences entre les autres modalités sont toutes considérées comme non significatives, sans doute en raison de l'hétérogénéité des résultats. Toutefois, d'après les box plots, trois groupes semblent se dessiner : le premier avec la dose 4 d'hydrazide maléique, le deuxième avec les modalités : multifactorielle, SC46 + hydrazide maléique et matière organique (7 et 14T) et le troisième regroupe les autres modalités. Hormis la modalité à base de SC46, toutes les autres impactent sur la nutrition de la plante. Cela vient renforcer l'idée selon laquelle, une plante bien nourrie va sécréter moins d'exsudats racinaires et ainsi stimuler moins de graines d'orobanche.

## 2. Résultats et discussions relatifs aux modalités de l'essai en serre

Il faut signaler avant toute chose, que la terre des pots à base de compost et de fumier, provient en partie de la terre utilisée en 2013. Cette dernière est donc très contaminée par l'orobanche. Les autres pots ont été remplis avec de la terre de la parcelle d'essais prélevée en 2014. Toutefois, le prélèvement n'a pas été fait dans la zone initialement prévue. Il s'avèrerait que la zone finalement choisie ne présente pas une contamination aussi importante que souhaité. De plus, le système d'irrigation avec des goutteurs est assez difficile à gérer. Ainsi, certains pots se sont retrouvés en sur-irrigation, retardant probablement l'apparition de l'orobanche (qui nécessite des conditions plutôt chaudes) et provoquant peut être également un lessivage des matières actives testées.

i. Matière organique : léger avantage pour le compost à dose élevée

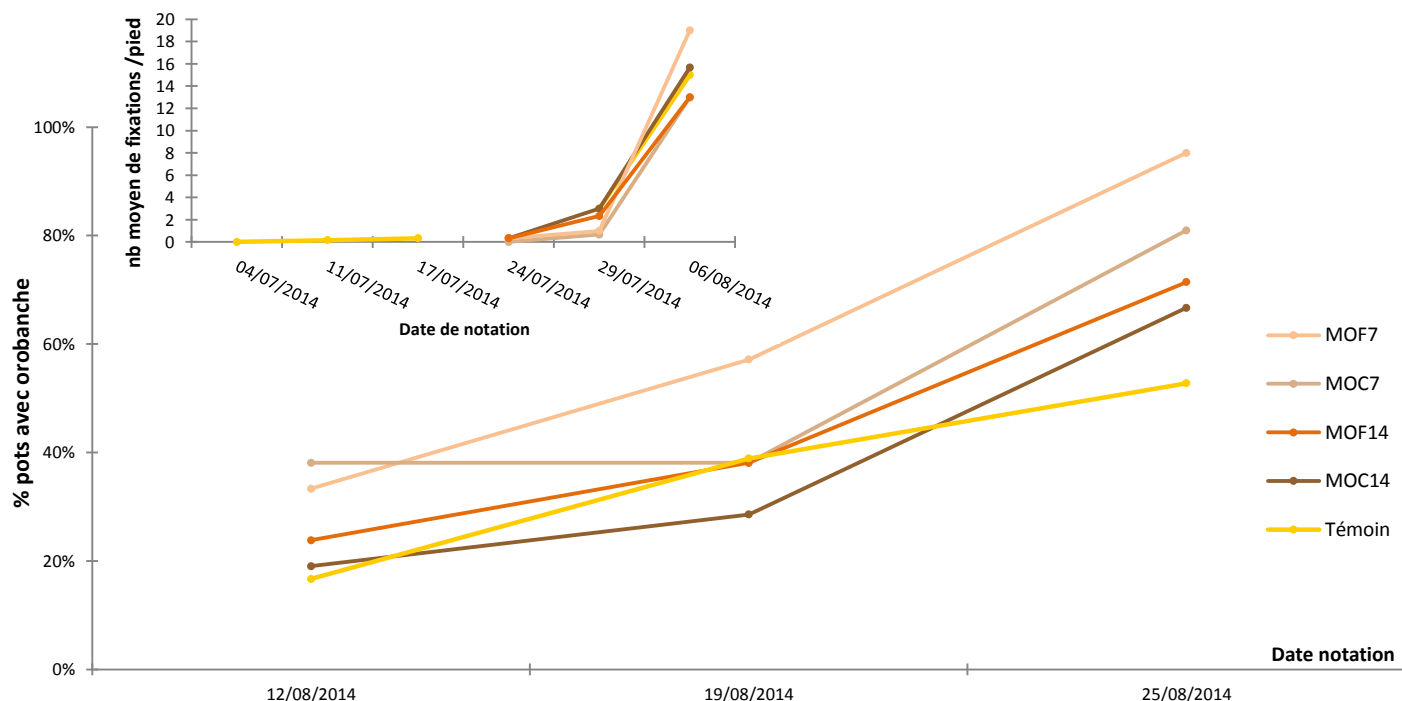


Figure 29 : Evolution de la pression d'orobanche pour la modalité matière organique en pots

Globalement le témoin est moins infesté que l'ensemble des modalités ayant reçu un apport de matière organique. Cela va à l'encontre des résultats de 2013 qui montraient que les pots avec matière organique présentaient moins, et moins rapidement, d'émergences d'orobanche que les pots témoins. Cependant comme mentionné précédemment la terre n'est pas la même et il est possible que la pression parasitaire ne soit pas similaire. Les cinétiques les plus élevées correspondent aux doses de matière organique faibles, alors que les doses plus élevées (14T) correspondent à des résultats plus modérés. Par ailleurs, pour chacune des doses testées, le compost semble apporter des résultats légèrement plus intéressants. Cela vient conforter les résultats obtenus en 2013.

ii. Chemigation : hydrazide maléique sans intérêt mais perspectives intéressantes pour le SC46.

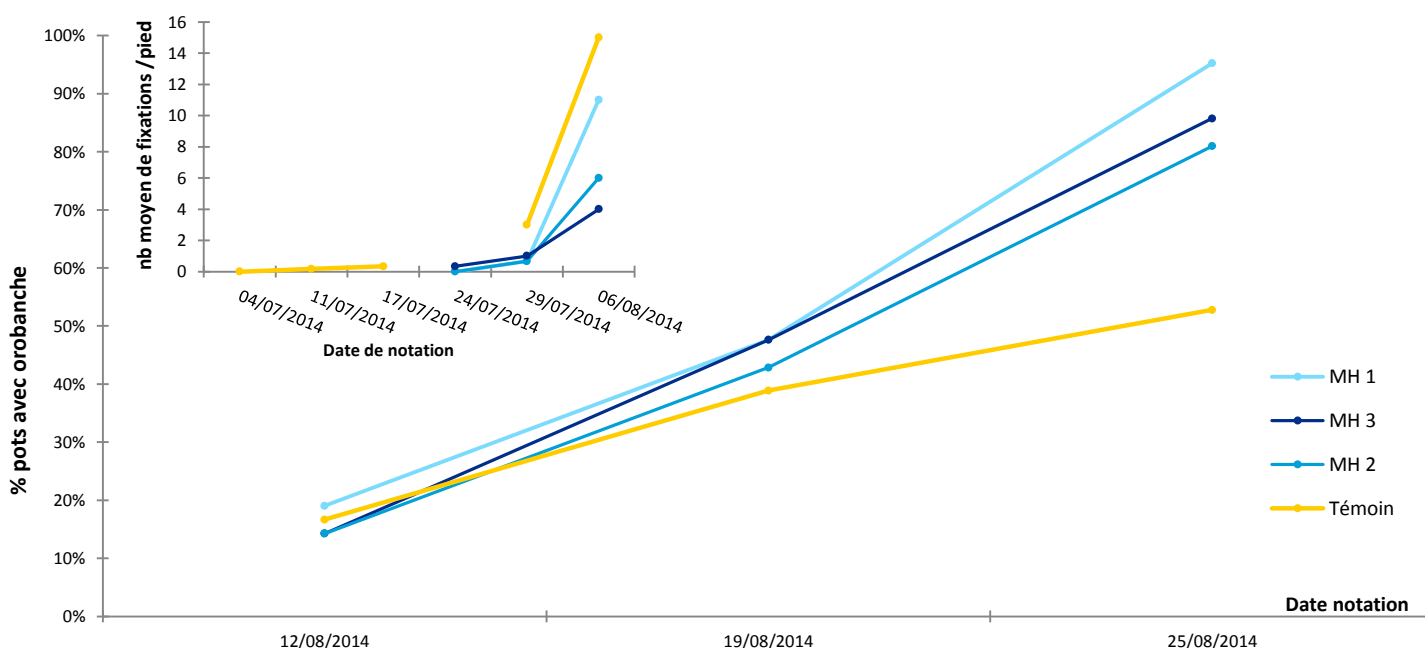
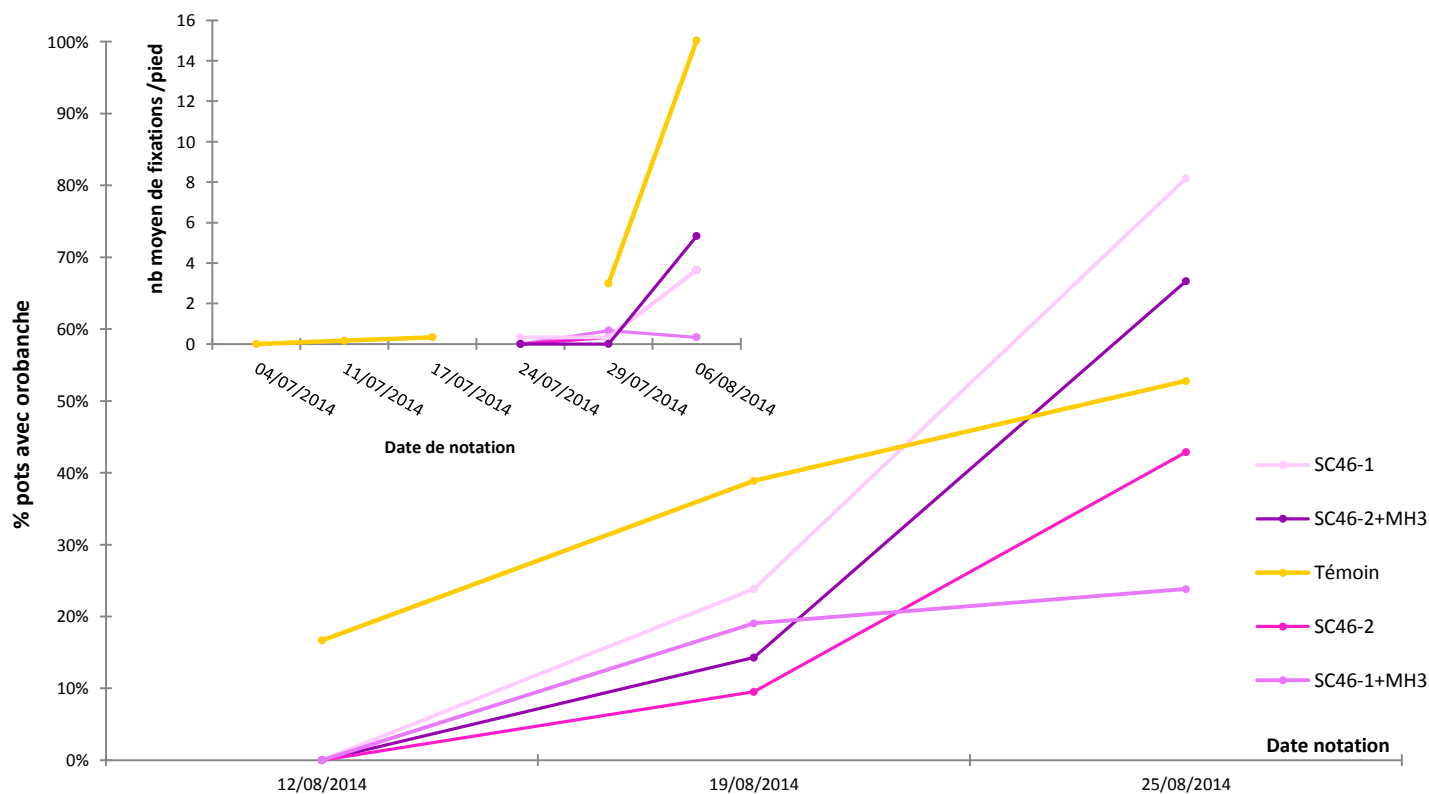


Figure 30 : Evolution de la pression d'orobanche pour les modalités à base d'hydrazide maléique en pots

L'hydrazide maléique semble limiter les fixations d'orobanche et cela avec un gradient d'intensité en fonction de la dose apportée. Cependant, plus aucun effet n'est observé sur les émergences. Quelle que soit la dose d'hydrazide maléique apportée, le nombre de pot avec des émergences est toujours supérieur au témoin (environ 45%). Cela ne corrobore pas avec les observations de Bernard CAILLETEAU de l'ITB qui a démontré l'intérêt de l'hydrazide maléique à 1L/ha par voie racinaire.



**Figure 31 : Evolution de la pression d'orobanche pour les modalités à base de SC46**

Le SC 46 semble maîtriser les fixations d'orobanche mais également retarder l'apparition des émergences. Cependant, les modalités SC46-1 et SC46-2 + MH3, présentent, pour la dernière notation, un plus grand nombre de pots avec de l'orobanche. De plus, pour le SC46, plus la dose appliquée est élevée et moins le nombre de pots avec des émergences est important. Cette observation n'est pas applicable lorsque le SC46 est associé à l'hydrazide maléique.

Cela montre la difficulté à obtenir des résultats cohérents et répétables. Les conditions de culture en pots avec les problèmes de sur-irrigation évoqués précédemment pourraient expliquer ces constats. D'une part en influençant la croissance de l'orobanche et d'autre part en lessivant les molécules apportées. Sans oublier le comportement du sol (terre argileuse) sur la mobilité de ces mêmes molécules.

### iii. Acidification : des résultats « quitte ou double »

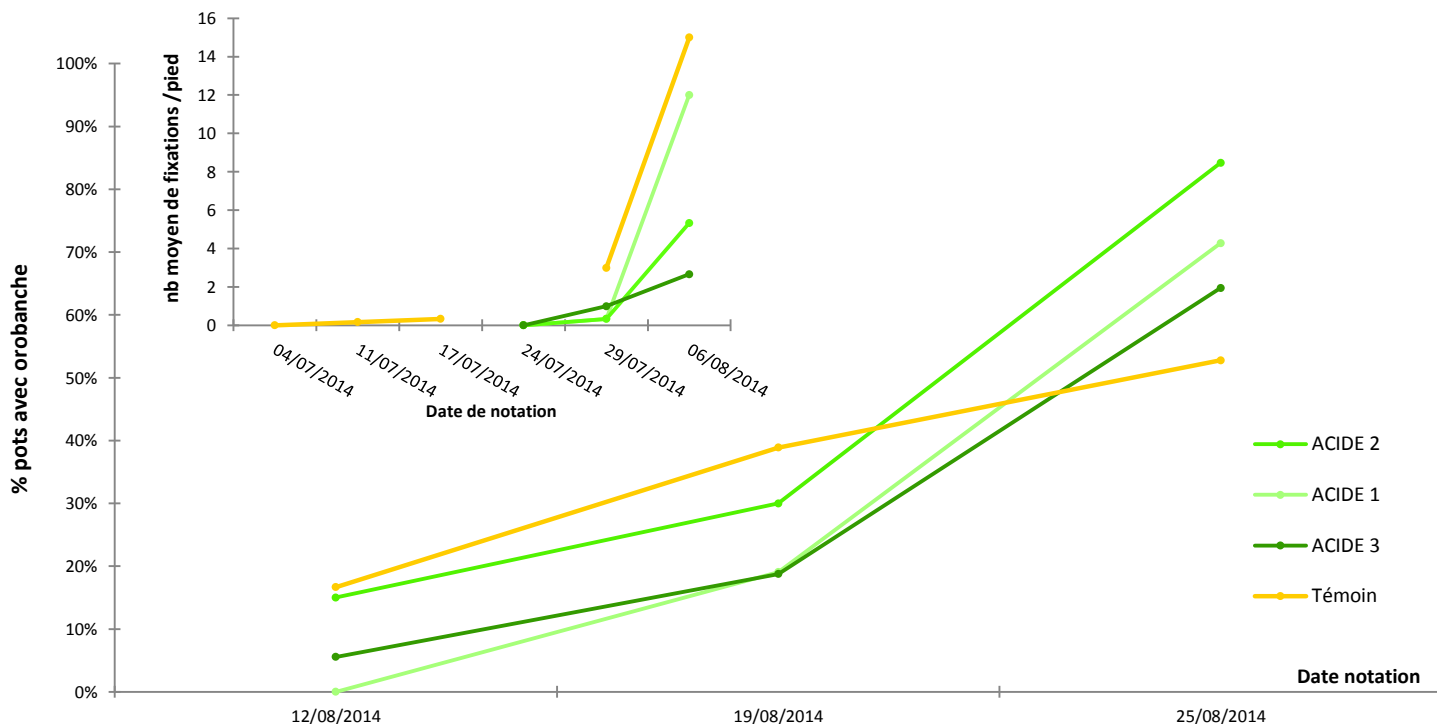


Figure 32 : Evolution de la pression d'orobanche pour la modalité acidification en pots

Il semblerait que les doses les plus fortes d'acide permettent un contrôle partiel des fixations. Toutefois, cela n'est plus observable sur les émergences. Dans ce cas, aucune dose ne permet de contrôler l'orobanche. A l'inverse, ces apports semblent même favoriser la croissance du parasite. Sans doute cela est-il dû à l'effet fertilisant de l'acide nitrique qui a visiblement stimulé le développement du tabac (beaucoup plus vert), de ses racines et donc de l'orobanche. Reste à vérifier si, malgré la présence d'émergences, la culture en pots ayant bénéficié d'apports d'acide a pu aboutir à une productivité de biomasse satisfaisante.

### iv. Méthionine : « plus de mal que de bien »

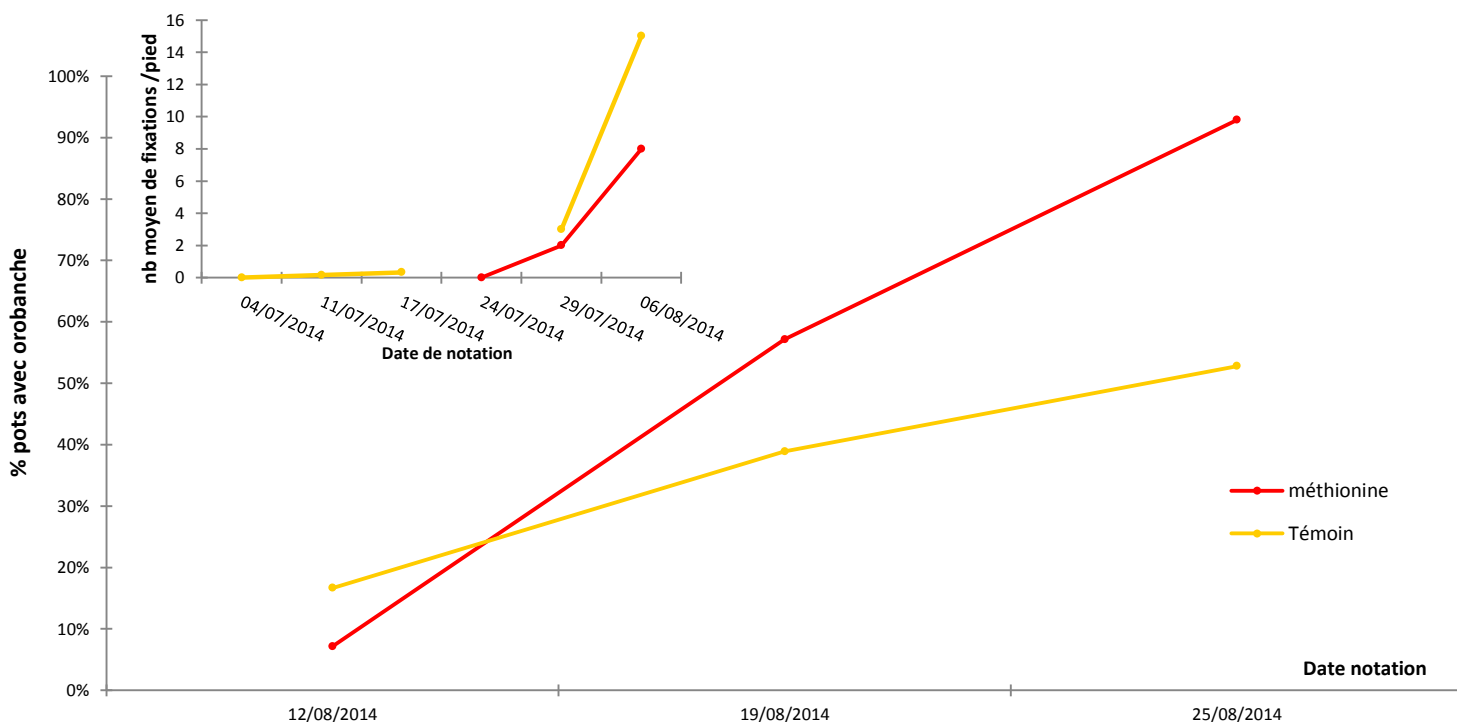


Figure 33 : Evolution de la pression d'orobanche pour la modalité méthionine en pots

Tout comme au champ, la dose de méthionine semble trop élevée. En effet, 10 pieds sur 30 sont morts et les pieds restants ont présenté un retard de croissance ainsi qu'une phytotoxicité (Figure n° 34). Cela permet, en partie d'expliquer le retard des fixations par rapport au témoin. Les plants ayant peu de racines, il y a eu peu ou pas de contacts avec des graines d'orobanche. Par la suite les émergences sont 40% plus élevées par rapport au témoin. Cette modalité ne permet donc pas le contrôle de l'orobanche. Toutefois, l'agression causée par la méthionine a pu entraîner une plus grande sécrétion d'exsudats racinaires par les racines afin de subvenir aux besoins des plantes, provoquant, par la même, de nombreux signaux pour les graines d'orobanche.



Figure 34 : Plant de tabac ayant reçu de la méthionine

Suite à la mort de nombreux pieds de tabacs, il a été décidé de refaire un essai avec une dose plus faible de méthionine (0,45g/pied). Ces pieds ont été repiqués un mois après la première plantation. A l'heure actuelle nous n'avons donc pas de résultats quant à l'efficacité. Cependant, les pieds de tabacs se sont développés correctement.

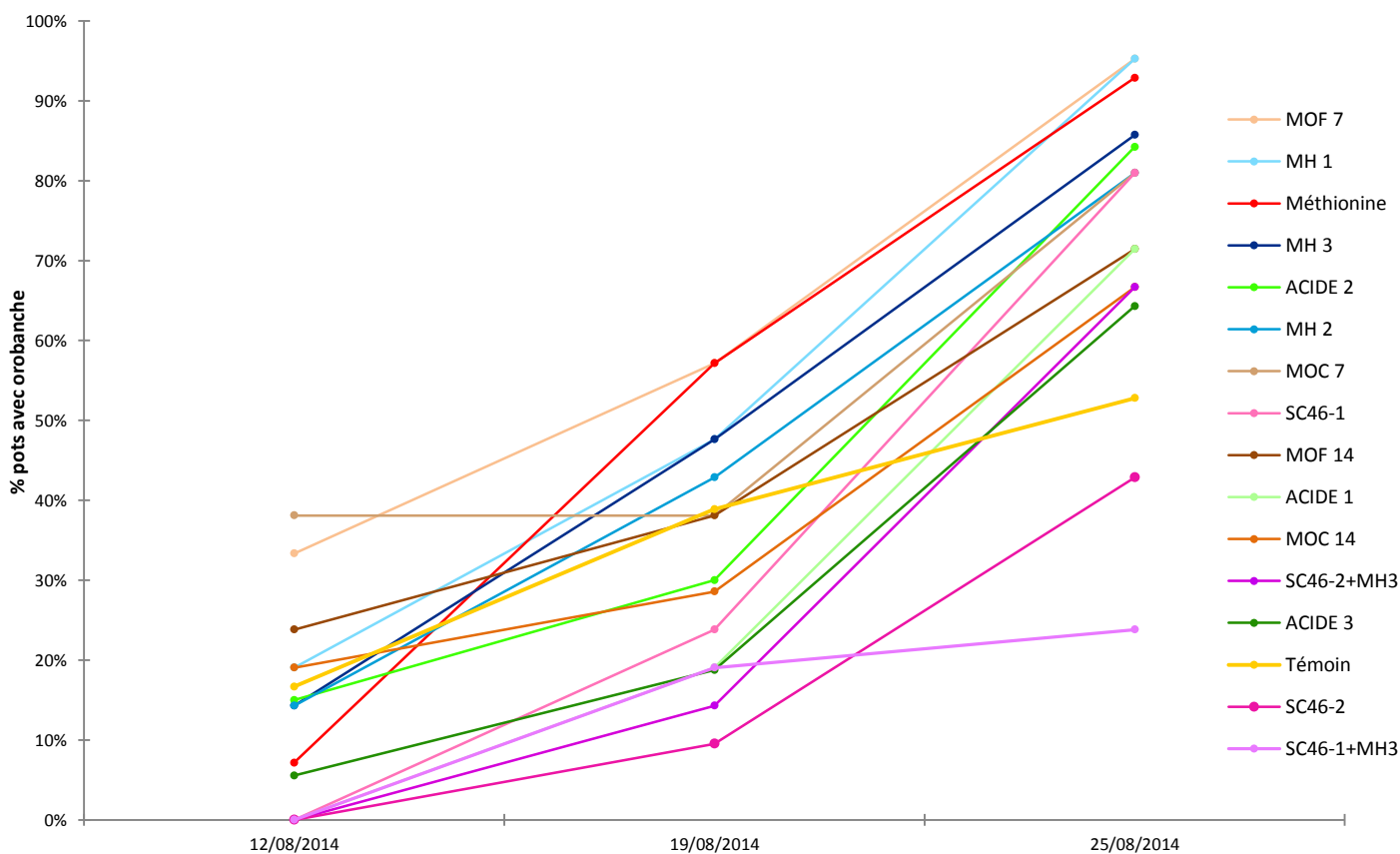


Figure 35 : Evolution de la pression d'orobanche pour l'ensemble des modalités testées en pots

Modalité	Moyenne estimée	Groupes
MH 1	95%	A
MOF 3	95%	A
L-Met 6	93%	A
MH 3	86%	A
ACIDE 2	84%	A
MOC 3	81%	A
MH 2	81%	A
SC46-1	81%	A
ACIDE 1	71%	A
MOF 10	71%	A
MOC 10	67%	A
SC46-2+MH3	67%	A
ACIDE 3	64%	A
Témoin	53%	A
SC46-2	43%	A
SC46-1+MH3	24%	A

**Figure 36 : Classes homogènes du test de Newman-Keuls (intervalle de confiance 95%) pour les modalités testées à la serre au 5 septembre**

Comme le laissait présager la figure n°35, aucune modalité n'est statistiquement significative. Il faut néanmoins rappeler que la terre prélevée en 2014 n'a pas été prélevée dans la zone initialement prévue (qui était fortement infestée) et, de plus, une sur-irrigation a été observée, sur certains pots. Tous ces facteurs peuvent, en partie, avoir eu une incidence sur les différents traitements réalisés et l'hétérogénéité des résultats.

### 3. Perspectives, propositions et suggestions pour l'avenir

Suite à ces observations, diverses perspectives mériteraient d'être investiguées les années à venir.

Il serait intéressant d'approfondir la piste de l'effet de l'hydrazide maléique dans le goutte à goutte. Pour cela, il pourrait être envisagé, hors saison et en pots, de comparer des modalités avec terreau et d'autres avec de la terre en apportant dans chaque cas la dose 3 d'hydrazide maléique, l'apport étant fait d'une part par trempage et d'autre part par arrosage. L'idée serait alors de vérifier l'absorption de l'hydrazide maléique par voie racinaire et les éventuels blocages dus au sol. En fonction des résultats obtenus, des modalités à base d'hydrazide maléique seront ou non implantées dans le plan expérimental.

Suite aux résultats satisfaisants du SC46, il faudrait continuer à travailler sur ce produit en apportant, dans le goutte à goutte, différentes doses (0,3L/ha, 0,6L/ha, 0,9L/ha et 1,2L/ha qui est la dose maximale autorisée sur d'autres cultures) et éventuellement en plusieurs applications.

Même si les résultats obtenus avec la méthionine sont décevants, il ne faut pas pour autant l'abandonner. Un essai en l'incorporant au sol à une dose de 1,35g par pied pourrait être réalisé en pots.

Pour l'acide, il pourrait être envisagé d'apporter la dose 1 (celle du champ, à savoir 200L/ha) d'acide nitrique juste après la plantation, tout en supprimant l'apport d'azote afin de ne pas avoir d'excès. Une autre piste serait d'utiliser de l'acide sulfurique au cours du cycle de culture en plusieurs apports, comme envisagé initialement.

Enfin, lors des différents traitements il a été nécessaire d'ouvrir les vannettes de quatre rangs hors essais afin de diminuer la pression dans les flats et pouvoir injecter les produits dans les micro-parcelles concernées. Ces quatre rangs ont donc reçus, en quantité « inconnue », de l'acide nitrique, de l'hydrazide maléique et du SC46. Or, ces tabacs apparaissent moins impactés par l'orobanche. Il

pourrait donc être intéressant, d'effectuer un nouvel essai multifactoriel prenant en compte encore plus de variables que cette année. Ainsi, il serait possible d'implanter la variété 6172 associée un apport de compost à 14T et d'effectuer un apport d'acide nitrique à 200L/ha de façon précoce. A tout cela, il faudrait également associer un programme chimique avec du SC46 à 0,6L/ha et de l'hydrazide maléique (1,5L/ha) apporté par voie foliaire via des pendillards lorsque le tabac aura atteint 60cm de hauteur pour pouvoir supporter ce régulateur de croissance.



## Conclusion

L'orobanche rameuse, connue depuis des décennies et actuellement en recrudescence, entraîne des pertes de rendement conséquentes, des surcroûts de travail et pose donc un problème majeur pour la production de tabac, espèce sensible à ce parasite. Cette plante, peu connue, au cycle de culture original et idéal pour l'orobanche rameuse, se caractérise par une conduite particulière nécessitant de nombreuses et coûteuses interventions sur les parcelles. Certaines d'entre elles, favorise d'ailleurs la propagation d'*O. ramosa* qui s'avère facilement disséminable grâce à la petitesse, la quantité et la légèreté de ses graines.

Les pistes variétales, agronomiques et chimiques travaillées, permettent chacune de ralentir la cinétique de développement du parasite mais ces résultats s'avèrent insuffisants, en particulier dans la zone ouest où l'orobanche parvient à réaliser plusieurs cycles sur une même saison tabacole.

Phase à cette problématique, en 2014, ARVALIS Institut du végétal a conduit, en collaboration avec Poitou Tabac, de nouveaux essais en Poitou-Charentes, zone particulièrement impactée par ce parasite (perte de 140ha de tabac soit 1,5 million d'euros de chiffre d'affaire).

Dans ces essais, ont notamment, été associées de nouvelles pistes d'application des substances actives par goutte à goutte, afin d'atteindre plus directement le parasite, tout en réduisant les risques de phytotoxicité pour la culture. Il s'est en effet avéré que les produits apportés en goutte à goutte n'impactaient pas la culture. Cependant, leur efficacité n'est pas celle attendue, surtout avec l'hydrazide maléique, dans lequel de nombreux espoirs étaient fondés. Il faut toutefois souligner l'efficacité du SC46, qui, apporté en goutte à goutte, n'a pas été phytotoxique pour le tabac et a permis de contrôler, en partie, l'orobanche rameuse. Cette piste est à creuser, avec des doses plus importantes notamment, tout en sachant qu'un long travail d'obtention d'homologation reste à faire.

De nouvelles approches « systèmes de culture innovants » ont également été étudiées afin d'évaluer l'intérêt d'augmenter la matière organique des sols pour réduire le risque orobanche à plus long terme. Cette solution semble partiellement intéressante puisqu'elle permet de ralentir l'apparition de l'orobanche ce qui vient confirmer les observations de 2013.

Les essais de 2014 ont également permis de confirmer, une fois encore, la tolérance de la variété ITB 6172 à l'orobanche rameuse. Enfin, un essai dit multifactoriel, qui combinait variété tolérante, ajustement de la fertilisation et apport d'hydrazide maléique, a permis de limiter l'infestation par le parasite et laisse entrevoir une possibilité intéressante de lutte.

Tous ces résultats doivent encore être complétés par des mesures, en cours de notation, pour évaluer le potentiel de développement de la culture.

Dès lors, les travaux devront dorénavant s'orienter vers la combinaison des différents facteurs jusqu'alors testés indépendamment. En effet, ne pourrait-on pas, en cumulant les effets bénéfiques de chaque protocole, retarder le cycle de l'orobanche, de telle sorte qu'elle affecte moins la culture, et que cette dernière soit en mesure de supporter les traitements chimiques ?

# ANNEXES

# Table des annexes

ANNEXE I : Distribution des espèces d'orobanche dans le monde

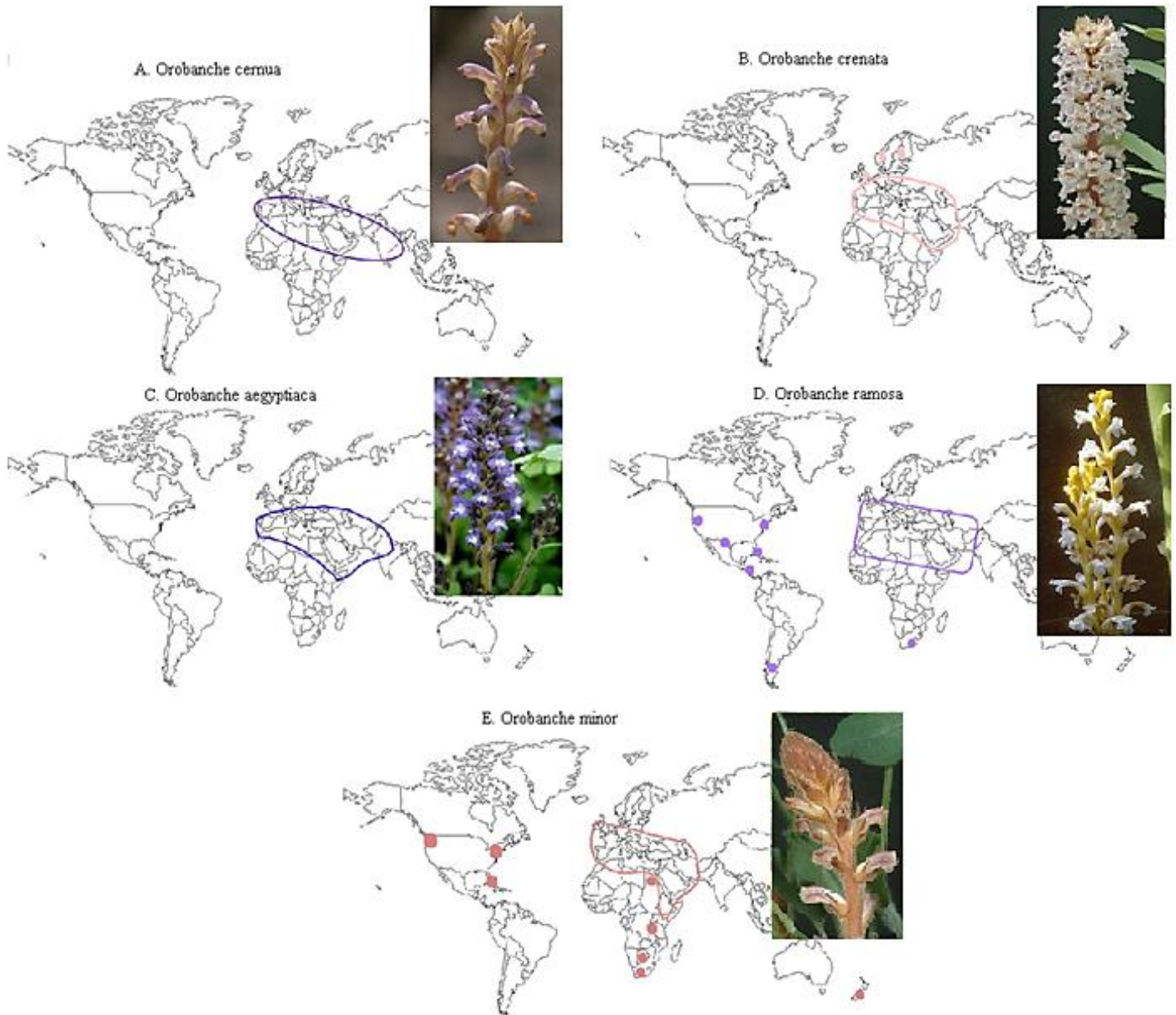
ANNEXE II : Principales cultures cibles des cinq espèces d'orobanche les plus nuisibles

ANNEXE III : Description botanique d'*O ramosa*

ANNEXE IV : Compte rendu de l'essai de l'ITB sur l'hydrazide maléique

# Annexe I

Distribution des espèces d'orobanche dans le monde (d'après Musselman, 1994)



## Annexe II

Principales cultures cibles des cinq espèces d'orobanche les plus nuisibles.  
(Mornet, 2008)

FAMILLE / Culture	<i>O. aegyptiaca</i>	<i>O. cernua</i>	<i>O. crenata</i>	<i>O. minor</i>	<i>O. ramosa</i>
<b>ALLIACEAE</b>					
Oignon	-	-	-	-	+
<b>CANNABINACEAE</b>					
Chanvre	-	-	-	-	++
<b>COMPOSITAE</b>					
Carthame	-	-	-	+	-
Laitue	-	-	+	+	++
Tournesol	++	+++	+	-	+
<b>CRUCIFERAE</b>					
Chou	+	-	-	-	+
Colza	+	-	-	-	+++
Moutarde	+++	-	-	-	++
<b>CUCURBITACEAE</b>					
Concombre	++	-	-	-	+
Courge	++	-	-	-	+
Melon	++	-	-	-	+
Pastèque	++	-	-	-	+
<b>LEGUMINOSAE</b>					
Arachide	+	-	+	+	+
Fève	+	-	++	+	+
Lentille	+	-	++	-	+
Lotier	-	-	-	+	-
Luzerne	-	-	-	++	-
Pois	+	-	+	-	+
Pois chiche	+	-	++	-	+
Trèfle	-	-	-	++	+
<b>SOLANACEAE</b>					
Aubergine	+++	++	-	-	+++
Poivron	+	-	-	-	+
Pomme de terre	+	-	-	-	+
Tabac	+++	+++	-	+	+++
Tomate	+++	++	+	-	+++
<b>UMBELLIFERAE</b>					
Carotte	+	-	++	+	+
Céleri	+	-	+	+	+
Fenouil	+	-	-	-	+
Panais	+	-	-	-	+

+++ : fortement attaquée ; ++ : modérément attaquée ; + : faiblement attaquée ; - : non attaquée

## Annexe III

### Description botanique d'*O. ramosa*

#### ➤ Appareil végétatif d'*O. ramosa*

La principale caractéristique de l'appareil végétatif de l'espèce *Orobanche ramosa* est la ramification de sa tige (Jauzein, 1995) (Figure n°7). Les feuilles sont dépourvues de chlorophylle, réduites à des écailles charnues et positionnées de façon alterne. La hauteur des hampes florales varie entre 10 et 30 cm (Parker, et Riches, 1993).



© Félix Muñoz Garmendia –  
Biblioteca des Real Jardín Botánico

#### ➤ Appareil reproducteur d'*O. ramosa*



Les fleurs mesurent moins de 20 mm de longueur, elles sont irrégulières et courbées (Figure n°8). Les anthères peuvent être glabres ou faiblement poilues au niveau de la base. La couleur des fleurs peut varier du bleu au violet en passant par le blanc et le rose (Parker, et Riches, 1993). Cette importante gamme de variation, qui pourrait être due au large spectre d'hôtes, suggère l'existence de plusieurs pathovars au sein de l'espèce. La fleur présente une corolle à 2 lèvres. Les fleurs sont disposées en épis, bleutées ou violacées et hermaphrodites (Mornet, 2008).

Le fruit résultant de ces fleurs est une capsule ovoïde de 5 à 7 mm de long et qui s'ouvre par deux valves placentaires (Brault-Hernandez, 2006).

# Annexe IV

Compte rendu de l'essai de l'ITB sur l'hydrazide maléique

**Institut du tabac de Bergerac**



## **FICHE MANIPULATION**

Date : 24/01/2013      Expérimentateurs : BC, RV et BM

But : Etude de la phytotoxicité et de la systémie racinaire dues à l'hydrazide maléique.

## **Matériel**

### **Micro-organismes et conditions de production :**

- conditions de production (milieux utilisés, conditions d'incubation...) : repiquage successifs de la souche sur plantes hôtes

### **Matériel végétal et conditions de production :**

- nom de la ou des variété(s) : ITB 31612

- conditions de production (substrats utilisés, conditions de culture...) :

Stde végétatif : 40 jours

Repiquage en pot de 1 l

Le : 07/03/2013 :

**Infestation du terreau avec 10mg de graines d'orobanche lot 2011**

4 termes / 6 pots par terme

T1 : terme témoin terreau non infesté

T2 : terme témoin terreau infesté

T3 : terme terreau infesté + dose 0.025ml

T4 : terme terreau infesté + dose 0.05ml

Mise en place essai serre TR1 : 1 terme par bac

## **Méthodes**

### **Traitement**

**15 jours après infestation, arrosage avec solution de MH**

Date le : 21/03/2013

Solution mère : 2 ml dans 200ml d'eau

Te 1 : 0ml                      Terme T1 : témoin terreau non infesté+ H2O  
 Te 2 : 0ml                      Terme T2 : témoin terreau infesté + H2O  
 0.025ml de Perlot          Terme T3 : terreau infesté + 2.5 ml sol MH + 37.5ml H2O  
 0.05ml de Perlot            Terme T4 : terreau infesté+ 5ml sol MH + 35ml H2O

**Lecture/Notation**

Dates : 1- le : 18/04/2013 d'une plante du témoin infesté

Pas de fixation observée



Dates : 1- le : 17/05/2013

**Observation de hampes et de fixations** (les fixations sont en surface du terreau)

Terme	Pot 1	Pot 2	Pot 3	Pot 4	Pot 5	Pot 6
Te non infesté	0	0	0	0	0	0
Te infesté	1	2	2	6	2	x
MH dose 1	2	1	0	0	0	0
MH dose 2	0	0	0	0	0	0

Te non infesté



Plantes jaunissantes

Plantes non poussantes, feuilles effilées, nombreux bourgeons présentant des symptômes de phytotoxicité.





Dates : 1- le : 23/05/2013

### Comptage de hampes florales

Terme	Pot 1	Pot 2	Pot 3	Pot 4	Pot 5	Pot 6
Te non infesté	0	0	0	0	0	0
T2 : Te infesté	9	3	4	10	8	x
T3 : MH dose 1	4	4	0	0	0	0
T4 : MH dose 2	0	0	0	0	0	0

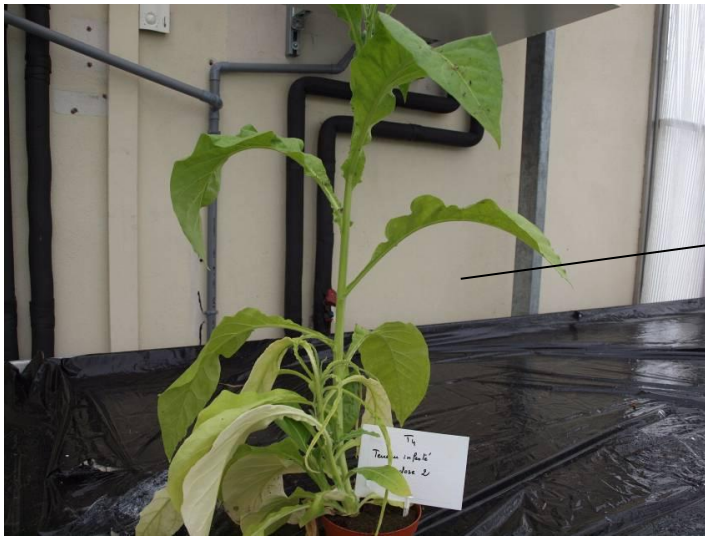


## Dépotage, lavage des racines et comptage de fixations

Terme	Pot 1	Pot 2	Pot 3	Pot 4	Pot 5	Pot 6	Moy. pondérée	Commentaires
Te non infesté	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	
Te infesté	5	6	5	3	3	x	<b>4.4</b>	Plantes jaunes stressées, fixations sur le pourtour de la motte
MH dose 1	4	5	1	3	2	1	<b>2.7</b>	Plantes jaunissantes, fixations retardées près de la racine centrale
MH dose 2	0	1	0	3	0	1	<b>0.8</b>	Plantes développées, feuilles plus étroites, bourgeons avec phytotoxicité, très petites fixations nécrotiques



Terme : T4, dose 2  
MH : fixations non développées



Plante terme T4 :  
dose 2 MH : plante  
bien développée



Terme T4, dose 2 :  
Bourgeons avec  
phytotoxicité

### **Conclusion :**

Dans les conditions de l'essai, la dose 1 : 0.025ml d'hydrazide maléique n'est pas suffisante pour éviter toute la germination des graines orobanche et l'émergence de nombreuses hampes florales.

La dose 2 : 0.05ml permet de ralentir la germination des graines orobanche, les quelques graines qui germent restent au stade de fixations atrophiées, les hampes florales n'émergent pas. Les plantes, malgré des bourgeons présentant des symptômes de phytotoxicité, se développent normalement.

## Références bibliographiques

**Aber, M et Sallé, G. 1983.** Graine et procaulôme d'*Orobanche crenatata* Forsk. Etude histocytologique et cytochimique. *Canadia Journal of Botany*, 61. pp. 3302-3313.

**Abu-Irmaileh, B.E. 1984.** Effect of planting flax on the subsequent infestation of tomato by *Orobanche ramosa*. Dans C. Parker, L.J. Musselman, R.M. Polhill, A. K. Wilson (eds), Proceedings of the Third International Symposium on Parasitic Weeds, Alep, Syrie. pp. 250-255.

**ANITTA. 2010.** Généralités sur *Nicotiana tabacum*. [En ligne] 2010. [Citation : 29 avril 2014.]

[http://www.anitta.fr/anitta/anitta\\_utilisateur/navig.php?main=2&ssrub1=182&id\\_fiche=224&theme=447](http://www.anitta.fr/anitta/anitta_utilisateur/navig.php?main=2&ssrub1=182&id_fiche=224&theme=447).

**ANITTA. 2001.** Virginie : du semis à la livraison. Collection "Les cahiers de l'ANITTA", N°4-96-2 Edition ANITTA, Bergerac, France , 32p.

**Bar Nun, N. et Mayer, A.M. 1993.** Preconditionning and germination of *Orobanche* seeds : respiration and protein synthesis. *Phytochemistry*, 34 (1), pp. 39-45.

**Bourbos, V.A. et Skoudridakis, M.T. 1991.** La solarisation du sol. Essai de lutte contre la Phélipée rameuse en culture de tomates sous serre froide. *Phytoma. La Défense des Végétaux*, 426. pp. 53-54.

**Brault-Hernandez, Marianne. 2006.** L'orobanche rameuse en France. Le couple *Orobanche ramosa* L./*Nicotiana tabacum* L. : biologie, spécificité et méthodes de lutte. Thèse de Doctorat ès Sciences Naturelles. Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, France. 185p.

**Chabrolin, C. 1938.** La germination des graines de l'*Orobanche speciosa*. *Comptes rendus de biologies*, 206, 1990p.

**Covarelli, L. 2002.** Studies on the control of broomrape (*Orobanche ramosa* L.) in Virginia tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Contributions to Tobacco Research*, 20 (2), pp. 77-81.

**Cubero, J. I. 1996.** Cytogenetics in *Orobanchaceae* : a review. Dans M. T. Moreno, J. L. Cubero, D. Berner, D. Joel, L. J. Musselman, C. Parker (eds), Advances in Parasitic Plant Research. Proceedings of the 6th International Parasitic Weed Symposium. Cordoue, Espagne. pp. 76-96

**Delon, R., Morellet, J., De Roton, Ch., et Tancogne, J. 1992.** Tabac. *Techniques Agricoles*, 2150 (12) pp. 1-19.

**Dembélé, B., Raynal-Roques, A., Sallé, G., et Tuquet, C. 1994.** Plantes parasites des cultures et des essences forestières au Sahel. Institut du Sahel, 43p.

**Dörr, I. et Kollmann, R. 1995.** Symplasmic sieve element continuity between *Orobanche* and its host. *Botanica Acta*, 108, pp. 47-55.

- Eplee, R.E. 1975.** Ethylene: a witchweed germination stimulant. *Weed research*, 23, pp. 433-436.
- Fer, A. et Thalouarn, P. 1997.** L'orobanche, une menace pour nos cultures. *Phytoma. La Défense des Végétaux*, 499, pp. 34-40.
- Fontaine, B. 2013.** Bilan de 10 années de lutte contre l'orobanche rameuse en culture de tabac. ANITTA, 6p.
- Fontaine, B. et Martin-Monjaret, C. 2014.** La production du tabac en France. Bergerac
- Gibot-Leclerc, S. 2004.** Etude épidémiologique, écophysiological et agronomique du couple *Orobanche ramosa* L. / *Brassica napus* L. Thèse de Doctorat ès Sciences Naturelles. Université Pierre et Marie Curie, Paris, France, 182p.
- Gibot-Leclerc, S..1999.** *Orobanche ramosa* (Phanérogame holoparasite épirhize), un nouveau problème phytosanitaire pour la culture du colza dans l'Ouest de la France. Université Pierre et Marie Curie, Paris, France, 60p.
- Gisquet, P. et Hitier, H. 1961.** La production du tabac. Principes et méthodes. J.-B. Baillière & fils, 2<sup>ème</sup> éd, Paris, 438p.
- Haidar, M.A. et Sidahmed, M.M. 2000.** Soil solarization and chicken manure for the control of *Orobanche crenata* and other weeds in lebanon. *Crop protection*, pp. 169-173.
- Haïdar, M.A., Bibi, W. et Sidahmed, M.M. 2003.** Response of branched broomrape (*Orobanche ramosa* L.) growth and development to various soil amendments in potato. *Crop protection*. 22, 2, pp. 291-294.
- Holm, L., Pancho, J., Herberger, J., et Plucknett, D. 1979.** A geographical atlas of world weeds. Wiley-Interscience, New-York, Etats-Unis, 440p.
- Izard, C. 1959.** L'Orobanche du tabac. *Annales de l'Institut Expérimental du tabac de Bergerac*, vol. III, 2, pp.299-316.
- Izard, I. et Hitier, H. 1953.** Obtention de la germination *in vitro* des graines de l'orobanche du tabac. *Annales de l'Institut Expérimental du Tabac de Bergerac*. Vol. I, 4, pp. 47-56.
- Jauzein, P. 1995.** Flore des champs cultivés. Ed I.N.R.A., Paris, France, 898p.
- Kebreab, E. et Murdoch, A. J. 1999.** Effect of temperature and humidity on the longevity of *Orobanche* seeds. *Weed research*, 39, pp. 199-211.
- Krishna Murty, G. V. G. et Raju, C.A. 1994.** "Mini-spear" and "leaf pusher" in broomrape control in air-cured tobacco crop. Dans A. H. Pieterse, J. A. C. Verkleij, S. J. ter Borg (eds), *Biology and Management of Orobanche*. Proceedings of the 3rd International Workshop on *Orobanche* and related Striga Research, Royal Tropical Institute, Amsterdam, Pays-Bas, pp. 496-498.

**Lambrada, R. 1994.** Occurrence and control of *Orobanche ramosa* L. in Cuba. Dans A. H. Pieterse, J. A. C. Verkleij, S. J. ter Borg (eds), *Biology and Management of Orobanche*. Proceedings of the 3rd International Workshop on *Orobanche* and related Striga Research, Royal Tropical Institute, Amsterdam, Pays-Bas, pp. 604-610.

**Logan, D. C. et Stewart, G. R. 1992.** Germination of the seeds of parasitic angiosperms. *Seed Science Research*, 2, pp. 179-190.

**Lolas, P. C. 1986.** Control of broomrape *Orobanche ramosa* in tobacco *Nicotiana tabacum*. *Weed Science*, 34 (3), pp. 427-430.

**Lynn, D. G. et Chang, M. 1990.** Phenolic signals in cohabitation : implications for plant development. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 41, pp. 497-526.

**Mayer, A. M. et Bar Nun, N. 1994.** Metabolism during conditioning and germination of *Orobanche aegyptiaca* seeds. Dans A. H. Pieterse, J. A. C. Verkleij, S. J. ter Borg (eds), *Biology and Management of Orobanche*. Proceedings of the 3rd International Workshop on *Orobanche* and related Striga Research, Royal Tropical Institute, Amsterdam, Pays-Bas, pp. 146-156.

**Mesa-Garcia, J. et Garcia-Torres, L. 1986.** Effect of planting date on parasitism of broadbean (*Vicia faba*) by crenate broomrape (*Orobanche crenata*). *Weed Science*, 34, pp. 544-550.

**Mornet, F. 2008.** L'orobanche rameuse. ANITTA ,Bergerac, France, 78p.

**Musselman, L. J. 1994.** Taxonomy and spread of *Orobanche*. Dans A. H. Pieterse, J. A. C. Verkleij, S. J. ter Borg (eds), *Biology and Management of Orobanche*. Proceedings of the 3rd International Workshop on *Orobanche* and related Striga Research, Royal Tropical Institute, Amsterdam, Pays-Bas, pp. 27-35.

**Musselman, L.J. 1986.** Biology and control of *Orobanche*. Dans S. J. ter Borg (ed), *Biology and Control of Orobanche*, Proceedings of a Workshop on Biology and Control of *Orobanche*, Wageningen, Pays-Bas, pp. 2-10.

**Nemli, Y., Emiroglu, U. et Küçüközden, R. 1991.** Chemical control of broomrape (*Orobanche ramosa* L.) in tobacco. Dans K. Wegmann et L. J. Musselman (eds), *Progress in Orobanche research*. Proceedings of the International Workshop on *Orobanche* research (1989), Eberhard-Karls-Universität, Tübingen, FRG, pp.191-199.

**Parker, C et Riches, C.R. 1993.** Parasitic weeds of the world : biology and control. CAB International, Wallingford, UK, 332p.

**Pitié, B et Schiltz, P. 1999.** Le tabac. Collection Que sais-je? Ed Presses Universitaires de France. Paris, France, 127p.

**Poitou-Charente, Chambre d'agriculture du. 2012.** Livret simplifié de la carte des pédopaysages des Deux-Sèvres. 2012.

- Sallé, G. et Aber, M. 1986.** Les Phanérogames parasites : biologie et stratégies de lutte. *Bulletin de la Société botanique de France, Lettres botaniques*, 3, pp. 235-263.
- Sallé, G., Tuquet, C. et Raynal-Roques, A. 1998.** Biologie des phanérogames parasites. *Comptes Rendus des Séances de la Société de Biologie*, 192, pp. 9-36.
- Sallé, G., Tuquet, C. et Neumann, U. 2000.** Les angiospermes parasites : biologie et méthodes de lutte. *Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, 86 (8), pp. 59-67.
- Sauerborn, J. 1991.** Parasitic flowering plants, Ecology and Management. Germany : Verlag Josef Margraf, 127p.
- Serpeille, A. 1989.** L'orobanche dans le trèfle violet. Une plante parasite que l'on peut contrôler. *Bulletin fnams semences*, 107, pp. 26-28.
- Suh, Christopher. 2011.** Evaluation of bioactivity of phytotoxins from pathogenic fungi of orobanche sp. Athènes
- Vallance, K.B. 1950.** Studies on the germination of the seeds of *Striga hermonthica*. I. The influence of moisture-treatment, stimulant dilution and after-ripening on germination. *Annals of Botany*, 14, pp. 348-363.
- Van Delft, G. J., Graves, J. D., Fitter, A.H., et Pruiksmann, M. A. 1997.** Spatial distribution and population dynamics of *Striga hermonthica* seeds in naturally infested farm soil. *Plant and soil*, 195, pp. 1-15.
- Van Hezewijk, M. J., Pieterse, A. H., Saxena, M. C. et ter Borg, S. J. 1987.** Relationship between sowing date and *Orobanche* (broomrape) development on faba bean (*Vicia faba* L.) and lentil (*Lens culinaris* Medikus). Dans H. Chr. Weber et W. Forstreuter (eds), *Parasitic flowering plants. Proceedings of the 4th International Symposium on Parasitic Flowering Plants*. Philips University, Marburg, Allemagne : pp. 377-390.



VetAgro Sup

MASSIAS Maéva, 2014, Lutte contre l'orobanche rameuse en culture de tabac : évaluation de leviers agronomiques et chimiques, 40 pages, mémoire de fin d'études, soutenu à VetAgro Sup campus de Clermont-Ferrand en 2014.

**STRUCTURE D'ACCUEIL ET INSTITUTIONS ASSOCIEES:**

- ♦ ARVALIS Institut du végétal Station de Bergerac
- ♦ Coopérative Poitou Tabac

**ENCADRANTS :**

- ♦ Maître de stage : FONTAINE Bruno (ARVALIS Institut du végétal)
- ♦ Tuteur pédagogique : GUIX Noëlle

**OPTION :** Agronomie, Productions Végétales, Environnement

♦ **RESUMÉ**

En France, l'orobanche rameuse (*O. ramosa*), plante parasite obligatoire pose de véritables problèmes agro-économiques dans les cultures de tabac. Cette dernière possède, en effet, un cycle de culture idéal pour le développement du parasite, contraignant certains producteurs à l'arrêt de cette culture.

En 2014, ARVALIS Institut du végétal, en collaboration avec la coopérative Poitou Tabac, a mis en place des essais au champ et en serre afin d'évaluer l'efficacité de différents moyens de lutte.

Ainsi, de nouvelles pistes d'application des substances actives par goutte à goutte ont été mises en place. Il a été confirmé que les produits apportés de cette façon n'impactaient pas la culture. Cependant, leur efficacité n'est pas celle attendue, surtout avec l'hydrazide maléique, dans lequel de nombreux espoirs étaient fondés. Il faut toutefois souligner l'efficacité du SC46, qui a permis de contrôler, en partie, l'orobanche rameuse.

De nouvelles approches « systèmes de culture innovants » visant à évaluer l'intérêt d'augmenter la matière organique des sols pour réduire le risque orobanche à plus long terme ont été réalisées. Cette solution semble partiellement intéressante puisqu'elle permet de ralentir l'apparition de l'orobanche ce qui vient confirmer les observations de 2013.

Les essais de 2014 ont également permis de confirmer, une fois encore, la tolérance de la variété ITB 6172 à l'orobanche rameuse.

Dès lors, les travaux devront s'orienter vers l'association des différents facteurs jusqu'alors testés indépendamment. En effet, ne pourrait-on pas, en cumulant les effets bénéfiques de chaque protocole, retarder le cycle de l'orobanche, de telle sorte qu'elle affecte moins la culture, et que cette dernière soit en mesure de supporter les traitements chimiques

---

**Mots clés :** *Orobanche ramosa*, *Phelipanche ramosa*, parasite racinaire obligatoire, tabac, hydrazide maléique, matière organique, acide nitrique



