

Végéphy – 24^e CONFÉRENCE DU COLUMA
JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
ORLÉANS – 3,4 ET 5 DÉCEMBRE 2019

GESTION DE LA FLORE DU MAÏS ET PERSPECTIVES

P. GAUTIER ⁽¹⁾, C. VERRIER ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Syngenta France SAS, 1228 Chemin de l'Hobit, 31790 Saint Sauveur, France,
pascal.gautier@syngenta.com

RÉSUMÉ

VigieFlore est un service Syngenta d'audit après désherbage s'appuyant sur une base de données de plus de 20.750 parcelles étudiées depuis 14 ans. Il permet de mesurer et quantifier l'évolution des flores et des pratiques agronomiques de façon pluriannuelle. Les évolutions de trois grandes régions ont été étudiées grâce aux informations récoltées : le nord et la Bretagne, le sud-ouest, le centre et l'est. Les observations permettent de constater que les problématiques principales se développent sauf en nord et Bretagne, où le désherbage semble gagner en efficacité, mais de nouvelles flores apparaissent et progressent.

Les observations réalisées lors des enquêtes montrent que les pratiques de chaque région sont assez différentes et peuvent être à l'origine des évolutions de flore constatées. L'allongement de la rotation, la pratique du labour et des semis plus tardifs permettent d'améliorer l'efficacité globale du désherbage et la lutte contre les flores rencontrées. Le choix de la stratégie de désherbage s'est également montré comme une clé de réussite avec la possibilité de combiner une stratégie herbicide classique à un désherbage mécanique.

Mots-clés : Évolution – Pratiques agronomiques – Stratégie de désherbage – Flore – Pluriannuel

ABSTRACT

VigieFlore is a Syngenta auditing service of weed management based on a database with more than 20.750 parcels studied for 14 years. This service measure and quantify the evolution of flora and agronomic practices at the multi-year level. Developments in three major regions were studied thanks to the information collected: the north and Bretagne, the southwest, the center and the east. Observations show that the main problems are developing except in northern and Bretagne, where weed management seems to be gaining in efficiency, but new flora are appearing and are progressing.

Observations made during the surveys show that the practices of each region are quite different and may be at the origin of the flora evolutions observed. The rotation, the use of tillage and later sowing make it possible to improve the global effectiveness of the weed management and the fight against the flora encountered. The choice of the weed management strategy was also shown as a key to success with the possibility of combining a traditional herbicide strategy with mechanical weeding.

Keywords: Evolution –Agricultural practices – Weed management – Flora – Multiyear

INTRODUCTION

CONTEXTE DU DÉSHÉRBAGE

Le désherbage en grandes cultures est devenu aujourd'hui un sujet sensible. En effet, ce dernier doit concilier les besoins en productions agricoles avec la protection de l'environnement. Le recours aux herbicides est une stratégie courante et installée afin de faciliter les interventions de l'agriculteur au champ, limitant les coûts et le temps de passage au champ (Compagnone et al., 2008). L'usage d'intrants est cependant une méthode faisant l'objet de multiples débats pour développer des techniques alternatives en protection des cultures. De larges plans d'action sont mis en place pour tenter d'accompagner une transition agricole, tel que le plan Ecophyto.

Symbole de la lutte contre les produits phytosanitaires, le glyphosate, molécule herbicide total la plus utilisée au monde, est aujourd'hui au cœur des débats avec un retrait envisagé à court terme en France, faisant l'objet d'une large médiatisation (Sciences et Avenir, 2019a et b ; Le Point, 2019). Il répond cependant à un besoin réel pour les techniques culturales sans labour (TCSL) et l'agriculture de conservation, favorables à la préservation des sols, mais où le désherbage apparaît plus complexe (Labreuche et al., 2007 ; Melander et al., 2017 ; Sciences et avenir, 2019b). Une étude d'Isik et al. (2017) la présente même comme une alternative au labour. Cependant, de multiples molécules sont ciblées par les restrictions d'applications actuelles en raison de certains dépassements de limites maximales de résidus constatés dans les eaux lors de différentes études (Gaubert, 2019). Face à ces éléments, la nécessité d'utiliser au mieux les herbicides et le besoin d'accompagner les agriculteurs, distributeurs et prescripteurs est actuellement en développement. L'agriculture voit se développer de multiples études et outils à cet effet. Dans cet objectif, Syngenta a ainsi décidé dès 2004, après le retrait de l'atrazine, de développer l'outil Vigie Flore sur la culture de maïs, entre autres, permettant de suivre les évolutions de flores, les critères agronomiques et stratégies de désherbage sur des secteurs définis, en partenariat avec des distributeurs et/ou prescripteurs partenaires.

LEVIERS AGRONOMIQUES POUR LE DÉSHÉRBAGE EN MAÏS

Différentes études sont développées sur le désherbage du maïs. La stratégie herbicide avec un positionnement optimal apparaît comme un premier élément clé dans la réduction des utilisations d'herbicides. Isik et al. (2017) proposent de placer un glyphosate au semis ou 5 jours après pour une bonne efficacité en TCSL. Doğan et al. (2004) suggèrent que le passage en postlevée de la culture doit s'établir entre les stades 3 et 7 feuilles pour une bonne efficacité.

Le levier mécanique le plus connu et développé est l'utilisation du labour permettant la destruction immédiate des adventices (Cloutier et al., 2007 ; Labreuche et al., 2007 ; Valantin-Morison et al., 2008 ; Demjanová et al., 2009 ; Gómez et al., 2016 ; Melander et al. 2017 ; Toupet de Cordoue et al., 2018), mais il est également critiqué du fait de son impact considéré comme destructeur sur le sol. L'étude de Doğan et al. (2004) suggère qu'un labour profond améliore la gestion des adventices, notamment les adventices pérennes. Le faux-semis et le binage sont également de bons outils complémentaires (Cloutier et al., 2007 ; Valantin-Morison et al., 2008 ; Rueda-Ayala et al., 2010 ; Pannacci et Tei, 2014 ; Melander et al. 2017 ; Toupet de Cordoue et al., 2018) mais ils sont soumis aux conditions météorologiques. Le binage, lui, nécessite une bonne maîtrise technique et se prévoit dès le semis. Il peut aisément se combiner à une stratégie chimique et remplacer une action de rattrapage aux stades 8-10 feuilles (Arvalis – institut du végétal et al., 2018).

Le raisonnement de la stratégie herbicide dans la rotation fait également parti des solutions les plus adaptées. Une enquête menée par Compagnone et al. (2008) auprès de 35 exploitations sur la méthode de raisonnement du désherbage a mis en avant ce levier, notamment utilisé pour anticiper les problématiques d'une culture à l'autre. Valantin-Morison et al. (2008) ainsi que Melander et al. (2017) présentent le même raisonnement, ce levier proposant de diversifier les modes d'action utilisés contre les adventices. Valantin-Morison et al. (2008) proposent également l'utilisation de couverts d'interculture comme moyen de limiter le développement des adventices en jouant sur les effets allélopathiques entre les végétaux.

Dans l'article de Blackshaw et al. (2007), la combinaison des différents leviers agronomiques cités est mise en avant, notamment pour multiplier les actions possibles et les effets sur la flore. Ces derniers améliorent significativement le contrôle des adventices par l'utilisation de méthodes multiples : effet compétiteur des plantes de la rotation, décalage de date de semis en céréales, densité de semis et implantation de cultures de printemps sont mentionnés. Melander et al. (2017) font également la même suggestion.

La progression de flores toxiques ou allergisantes pour les santés humaine et animale, telles que les ambrosies et le datura, amène davantage de complexité dans la gestion du désherbage. En effet, la lutte contre ces adventices implique une gestion au champ tout en prenant en compte les levées échelonnées et la surveillance des tours de champs pour éviter d'infester la parcelle. La récolte doit également être organisée pour limiter au maximum tous risques de disséminations (Bousquet, 2018 ; Aliaga et Nicolier, 2019 ; Gautier-Grall et al., 2019).

PRÉSENTATION DE VIGIE FLORE

VigieFlore est un outil proposé à certains distributeurs et prescripteurs partenaires du monde agricole français. Aujourd'hui, fort de 14 ans d'expérience, d'un nombre de données collectées sur plus de 20.750 parcelles, cet outil d'audit après désherbage est reconnu par les distributeurs et prescripteurs concernés. En effet, cette base de données est unique et permet à Syngenta d'être un acteur majeur dans le suivi des populations d'adventices. Cet outil permet également de mieux positionner des produits afin de concilier « efficacité du désherbage », raisonnement agronomique à la parcelle et respect de l'environnement face à des adventices « montantes », telles que les graminées estivales pour les parcelles de maïs du sud-ouest.

Développé sur plusieurs cultures (maïs, céréales à paille, tournesol et colza), l'outil consiste, après accord avec le partenaire, en la réalisation d'enquêtes sur un panel de 100 à 200 parcelles représentatives d'une zone donnée. Ces dernières seront référencées dans une base de données regroupant des données parcellaires (culture, historique parcellaire, type de sol...), les pratiques culturales (labour, semis, binage,...), les itinéraires de désherbage (produits, doses, conditions d'applications) et des données sur l'environnement de la parcelle.

Les objectifs de Vigie Flore sont d'analyser les pratiques sur une zone, appréhender les évolutions de flore dans le temps, connaître les habitudes de désherbage des agriculteurs, évaluer le potentiel de transfert des eaux de surface d'une zone donnée, disposer du panel le plus représentatif de la zone, accompagner les distributeurs et prescripteurs dans l'amélioration et la valorisation du meilleur Conseil. Cette démarche fait partie intégrante de la stratégie Syngenta concernant la gestion des adventices en grandes cultures, appelée « Terre de Progrès ». La base de données Vigie Flore rassemble des enquêtes réalisées dans les bassins de production suivants : Ouest de la France (Sud-Ouest, Poitou, Bretagne), Hauts-de-France, Grand Est, Vallée du Rhône et Limagne.

OBJECTIF DE L'ÉTUDE

L'outil Vigie Flore apparaît comme un élément clé pour suivre l'évolution des adventices dans le temps et les techniques employées par les agriculteurs pour les gérer. Ainsi, les évolutions de ces dernières ont été décrites afin de faire face aux enjeux actuels du désherbage. La démarche liée à l'outil et la méthode d'analyse utilisée a été décrite. Les résultats des enquêtes sont ensuite présentés.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

MÉTHODOLOGIE DE L'OUTIL

Les données de l'outil Vigie Flore sont issues d'enquêtes réalisées sur le terrain par différents notateurs. Les questionnaires comprennent différentes parties. Un premier volet concerne les informations générales de la parcelle dans lequel sont renseignées les informations générales sur le sol. La seconde partie permet de connaître les pratiques agronomiques de l'agriculteur. Ce dernier indique ensuite sa stratégie de désherbage et des informations concernant le stewardship sont également demandées. Les données de flore sont collectées sur la parcelle. Les différentes espèces

végétales sont relevées avec un ensemble d'informations qui permettent de définir un indice de nuisibilité spécifique à Vigie Flore. Une note est également attribuée au désherbage, appelée « efficacité du désherbage », en fonction de l'appréciation globale de la couverture de l'ensemble des adventices dans la parcelle : très bon pour moins de 5% de couverture, correct pour 5 à 15% de couverture et insuffisant pour plus de 15% de couverture.

MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE

Afin de permettre une analyse pluriannuelle, seules les données existantes depuis le lancement de Vigie Flore ont été considérées. Ces dernières concernent les informations générales de la parcelle, la préparation du sol et la stratégie de désherbage. Les données avec un taux de remplissage faible et les parcelles peu renseignées ont été écartées de l'analyse. 16.649 parcelles en maïs ont donc été prises en compte. Les données ont été séparées en trois grandes régions : Nord et Bretagne, Sud-Ouest, Centre et de l'Est (appelé Centre-Est). Les rotations ont été synthétisées de la manière suivante : monoculture de maïs, rotations impliquant des cultures fourragères, rotations impliquant des cultures industrielles ou légumières, rotations impliquant un colza, rotations uniquement céréalières (« cultures de printemps / céréales », appelées RC). Les rotations non définies par ces critères représentant un effectif non significatif ont été écartées. Les dates de semis ont été regroupées par quinzaine (15 premiers et derniers jours du mois). Les logiciels Excel et Access (version 2013) ainsi que R (version 3.5.3) et son package FactoMineR ont été utilisés pour l'ensemble du traitement des données.

Analyses préparatoires

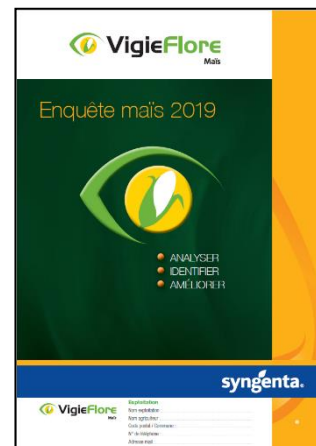
Les données brutes de Vigie Flore par parcelle ont été compilées dans un tableau général. Les parcelles n'ayant pas d'informations complètes sur l'ensemble de ces paramètres ont été écartées de l'analyse, ainsi 12.759 parcelles ont été considérées pour cette étape (soit 77% des parcelles). Les données ont ensuite fait l'objet d'une analyse en composante multiple (ACM). Les résultats ont fait l'objet d'une classification hiérarchique permettant de constituer des groupes de parcelles aux pratiques similaires. Les informations recueillies ont été observées au regard de l'efficacité du désherbage et les pratiques ayant une influence sur cette donnée ont été retenues pour une analyse descriptive. Des périodes d'étude ont été définies par analyse en composante principale (ACP) pour décrire les changements observés avec Vigie Flore dans les pratiques agronomiques. Pour ce faire, chaque année a été caractérisée par les proportions d'utilisation des différentes pratiques.

Analyses complémentaires

Les évolutions des pratiques retenues par l'analyse préparatoire ont été considérées en fonction des différentes périodes définies puis observées par une ACP afin de constater d'éventuelles différences en région au regard des observations nationales.

Pour les flores, chaque adventice a été classée au regard de sa fréquence d'observation en parcelles. Les 20 adventices les plus retrouvées après désherbage ont ensuite été considérées afin de déterminer leur évolution au cours des périodes définies durant l'analyse préparatoire, cette évolution a été déterminée par ACP. Dans un second temps, les fréquences d'observation des 20 premières adventices ont été reprises en fonction de la synthèse de rotation considérée. Une analyse factorielle multiple (AFC) accompagnée d'une ACP a été menée pour définir les flores les plus observées pour chaque rotation au regard des autres de manière précise. Enfin, pour chaque levier retenu lors des analyses préparatoires, les 5 adventices les plus retrouvées ont fait l'objet d'une analyse descriptive avec la fréquence d'observation en parcelle et l'indice de nuisibilité afin d'observer les impacts sur ces flores.

Figure 1 : Couverture de questionnaire Vigie Flore. Vigie Flore survey's cover.

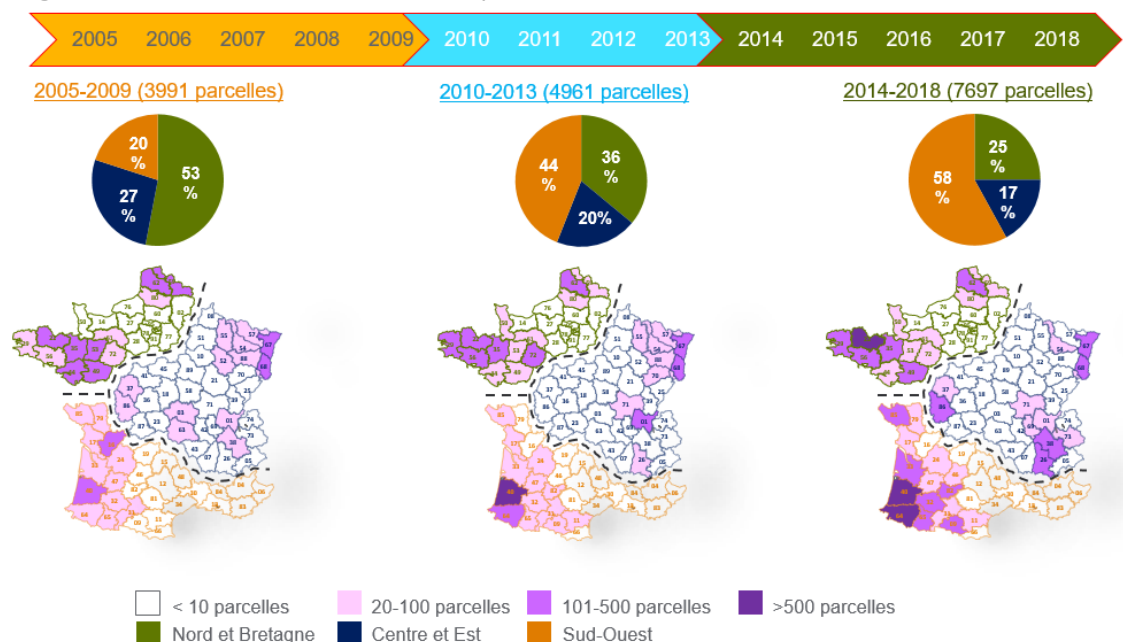


RÉSULTATS ET DISCUSSION

ÉLÉMENTS GÉNÉRAUX

Au regard de l'ACM réalisée, la rotation, la préparation du sol, la période de semis et la stratégie de désherbage présentent un impact différent sur l'efficacité du désherbage en fonction des régions. Les flores observées en région sont, quant à elles, très différentes et leur maîtrise est contrastée.

Figure 2 : Périodes décrites. Described periods.



Trois grandes périodes ont été définies (figure 2) : 2005-2009 comme point de départ, 2010-2013 comme période de transition et 2014-2018 comme période décrivant le niveau d'utilisation des pratiques actuelles. Ainsi, on notera trois grandes évolutions au niveau national : la progression de l'utilisation des TCSL et de l'utilisation du désherbage mécanique.

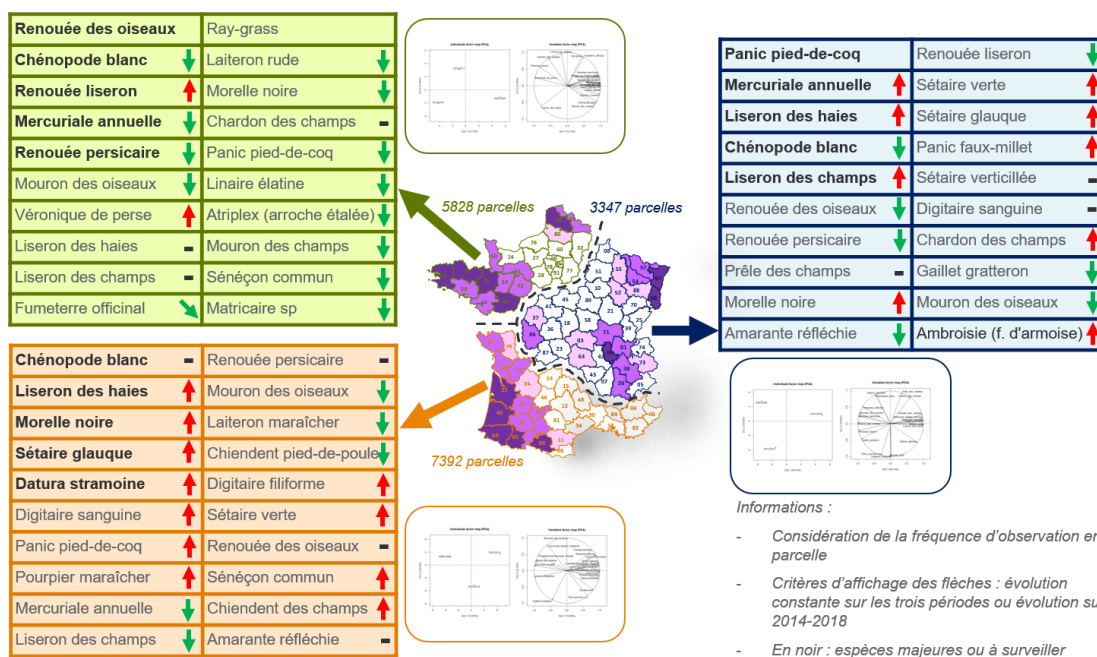
ÉVOLUTIONS DES FLORES (figure 3)

En Nord et Bretagne ce sont essentiellement les dicotylédones, notamment les renouées, que l'on retrouve après désherbage dans environ 30 à 50% des parcelles (présence simultanée possible). La flore est globalement maîtrisée. Cependant, la renouée liseron (+10% de fréquence d'observation) et la véronique de perse (+20% de fréquence d'observation) sont des thématiques montantes, avec une progression forte en 2010-2013. Les observations en parcelles des 5 adventices majeures ont baissé de 20% depuis 2005-2009 et une baisse de 10%, en moyenne, pour les autres adventices est constatée. Les vivaces sont présentes dans les adventices principales et n'évoluent pas, elles sont observées dans 20% des parcelles.

En région Sud-Ouest, la gestion des adventices est plus délicate. En effet, la présence des panics, sétaires et digitaires (PSD) est forte, notamment avec la sétairie glauque dans les adventices majeures (observation dans 31% des parcelles). Dans les dicotylédones, le chénopode blanc est l'adventice majeure principale, observée sur 49% des parcelles, mais on note également la présence de flores toxiques pour l'alimentation avec la morelle noire (40% des parcelles infestées) et le datura stramoine (28% des parcelles infestées), cette dernière étant un problème « montant » pour la commercialisation de la récolte (Aliaga et Nicolier, 2019). Les vivaces sont également très présentes avec des observations de liseron des haies sur 41% des parcelles. Les adventices majeures et les PSD sont de plus en plus observées, une augmentation de près de 10% des observations est constatée pour chaque adventice. Par ailleurs, des baisses d'observations d'adventices mineures sont remarquées avec le liseron des champs, le mouron des oiseaux, le chiendent pied-de-poule (-10% en moyenne) et la mercuriale annuelle (-5%).

En région historique maïs (Centre et Est), le panic pied-de-coq (42% des parcelles), les vivaces (36% des parcelles avec du liseron des haies et 29% avec du liseron des champs), la mercuriale annuelle (38% des parcelles) et le chénopode blanc (34% des parcelles) sont les adventices majeures. Suivent les renouées (11 à 19% des parcelles) et différentes PSD (7 à 11% des parcelles). La maîtrise des adventices dans cette région est variable selon les espèces. Des adventices majeures sont montantes, avec +9% en moyenne pour les liserons et la mercuriale. La fréquence d'observation des renouées baisse en moyenne de 5% et les PSD mineures progressent avec +10% d'observation. L'ambrosie à feuilles d'armoïse, présente dans les 20 premières adventices et réelle problématique de la Vallée du Rhône (Gautier-Grall et al., 2019), augmente de 8% sur 2014-2018.

Figure 3 : Évolution des flores en fonction de 3 grandes régions. Evolution of flora according to 3 major regions according to 3 major regions



LEVIERIS AGRONOMIQUES : ÉVOLUTIONS

Après analyse des données Vigie Flore, les rotations utilisées sont différentes entre les régions, avec les rotations RC (maïs puis céréales) en Nord et Bretagne (53%) et une bonne présence des rotations avec fourrage (18%), la monoculture très dominante dans le Sud-Ouest (79%) et un équilibre entre la monoculture (36%) et les RC (43%) en Centre-Est. Seule la région Sud-Ouest indique des différences significatives d'efficacité du désherbage en faveur de l'utilisation de rotations avec cultures fourragères ou colza, mais celles-ci y représentent une part très faible des rotations utilisées.

L'utilisation des TCSL en maïs a augmenté sur les trois périodes, passant de 17 à 27% des parcelles enquêtées entre 2006-2009 et 2014-2018 (figure 4). Cependant, il faut signaler que la pratique des TCSL est plus forte dans les régions Sud-Ouest ainsi que Nord et Bretagne où elles ont été utilisées sur 27 et 24% des parcelles contre seulement 15% dans le Centre-Est où la progression a été marquée sur la dernière période (2014-2018).

Figure 4 : Évolutions du travail du sol. Evolutions of soil management.



La période de semis ne ressort pas comme différenciante au niveau national. Cependant, des différences régionales sont constatées, avec une tendance aux semis avant le 30 avril pour le Sud-Ouest (50% sur 2014-2018) et Centre-Est (85% sur 2014-2018).

La pratique du désherbage mécanique seul n'évolue pas. La pratique du désherbage mécanique en combinaison avec une stratégie herbicide évolue de 5% à 32% dès la période 2010-2013 (figure 5). Cependant, elle est contrastée en région avec des variations de 4 à 10% entre les périodes pour le Nord et Bretagne et le Centre-Est et une faible utilisation de ces pratiques (environ 10% des parcelles). Pour le Sud-Ouest cette observation passe de 0% à 60% en 2010-2013 puis 51% en 2014-2018.

Figure 5 : Évolution du désherbage. Evolutions of weed management.

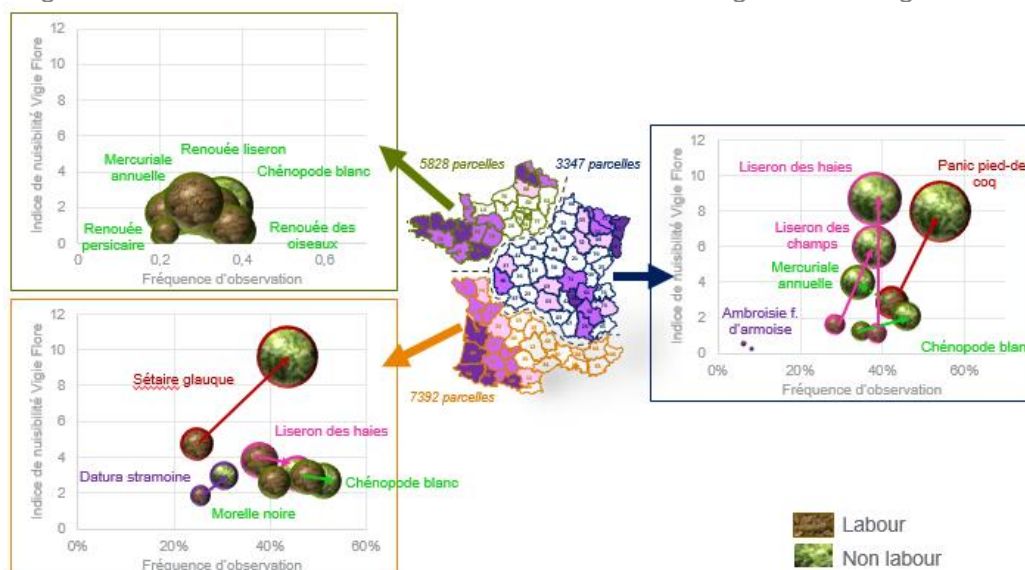


Les observations des passages d'herbicides selon la stratégie de désherbage utilisée varient selon la région considérée. En Nord et Bretagne, le passage mécanique est clairement utilisé comme substitution à un désherbage chimique, la stratégie herbicide la plus utilisée étant le « 1 postlevée » (73% des parcelles) quand les parcelles sans désherbage mécanique privilégient 2 passages (prélevée+postlevée ou 2 postlevées dans 53% des parcelles). La stratégie de passage herbicide privilégiée reste identique avec les postlevées (64% sans passage mécanique et 91% avec passage mécanique). En Centre-Est (65% de postlevées) et Sud-Ouest (38% prélevée+postlevée), le nombre de passages herbicides est similaire avec ou sans désherbage mécanique.

LEVIERS AGRONOMIQUES : IMPACT SUR LE DÉSHERBAGE

La rotation est un premier élément à considérer mais présente un impact faible en maïs au regard de l'ensemble des niveaux observés en efficacité. Les observations des flores en fonction des rotations montrent que les espèces les plus retrouvées sont étroitement liées aux rotations dominantes, avec une flore plutôt de monoculture en Sud-Ouest, de rotations RC en Nord et Bretagne et de ces deux types de rotations pour le Centre-Est. Bien qu'il y ait des différences régionales, on remarque globalement que les renouées sont maîtrisées en monoculture alors que les PSD y sont plus présentes. Les vivaces sont fréquemment retrouvées dans les monocultures et rotations RC, ainsi que les rotations avec colza pour le chardon des champs. En Nord et Bretagne, les rotations RC ou impliquant un colza sont assez proches et sont liées aux flores montantes (véronique de perse et renouée liseron), des difficultés de gestion dans ces rotations peuvent expliquer leur progression. Les rotations avec des espèces fourragères se différencient, notamment avec les ray-grass sp., laiteron rude et mouron des oiseaux, et par comparaison aux autres rotations, celles-ci pourraient permettre de mieux maîtriser la plupart des adventices avec les rotations avec légumes. Pour le Sud-Ouest, la nette progression des flores peut s'expliquer par le fort usage de la monoculture, or une diversification de la rotation en optant pour des rotations avec colza ou fourrage pourrait être avantageuse. La gestion du datura stramoine est meilleure dans ces rotations. En Centre-Est, un constat similaire au Sud-Ouest peut se faire dans le choix des rotations vis-à-vis des problématiques observées. Les rotations allongées avec un colza ou une espèce fourragère ressortent comme avantageuses du point de vue des flores régionales. La rotation est un facteur important, dans un contexte où le nombre de matières actives disponibles baissent sensiblement, et que les modes d'actions disponibles dans la lutte contre les adventices sont plus importants avec plusieurs cultures. Les observations de Vigie Flore sont en parfait accord avec l'intérêt de considérer cette pratique (Compagnone et al., 2008 ; Valantin-Morison et al., 2008; Melander et al. 2017).

Figure 6 : Flores en fonction du travail du sol. Flora according to soil management.



Le travail du sol, et notamment la pratique du labour ressort comme un levier important (figure 6). En région Nord et Bretagne, TCSL et labour sont équivalents en efficacité de désherbage et maîtrise des flores majeures. Pour les régions Sud-Ouest et Centre-Est, la pratique de TCSL apparaît insuffisante. En effet, l'efficacité du désherbage (-10% très bon et +5 à +10% insuffisant) ainsi que le contrôle des flores majeures (fréquence d'observation et nuisibilité, figure 6) y sont clairement défavorisés dans la culture de maïs. On remarque une nette progression en nuisibilité de la setaire glauque et du datura stramoine pour le Sud-Ouest et une progression généralisée et importante de la nuisibilité des adventices majeures du Centre-Est. Les effets sur l'ambrosie à feuilles d'armoie sont peu visibles en raison de sa faible détection. La diminution constatée des adventices en labour dans différentes études (Cloutier et al., 2007 ; Labreuche et al., 2007 ; Demjanová et al., 2009) est validée par les observations pratiques de Vigie Flore. En cas de fortes infestations, ce levier apparaît comme essentiel. Le labour en alternance dans la rotation serait donc un atout pour bénéficier de son efficacité tout en limitant l'impact environnemental.

La date de semis a un effet différent selon les régions. En Nord et Bretagne, l'effet observé est faible, légèrement favorable à l'efficacité du désherbage pour des semis après le 15 Avril (+7% très bon, -4% insuffisant). En semis tardif, on remarque une baisse des observations de mercuriale annuelle (-14% de parcelles infestées). Dans le Centre-Est, le semis tardif ressort plutôt défavorable à l'efficacité du désherbage (-10% très bon, +4% insuffisant) alors qu'il semble permettre de réduire les infestations de panic pied-de-coq (-15% de parcelles infestées), mercuriale annuelle (-38% de parcelles infestées) et ambrosie à feuille d'armoie (-5% de parcelles infestées). Pour la région Sud-Ouest, les semis après le 15 Mai permettent une nette amélioration du désherbage (+13% très bon, -6% insuffisant), une baisse des observations de morelle noire (-20% de parcelles infestées) et une augmentation des observations de setaire glauque (+11% de parcelles infestées). Cependant, les semis après le 15 Mai représentent un effectif assez instable variant entre 13 et 33% selon les périodes, ce qui peut influencer les observations. Ce levier n'est pas encore très étudié en maïs, mais reconnu en céréales (Valantin-Morison et al., 2008), et pourrait le devenir ultérieurement afin d'approfondir son intérêt, notamment pour gérer des flores spécifiques.

Les observations des stratégies de désherbage nécessitent plusieurs approches. Un premier regard général comparant les stratégies mixtes et les stratégies herbicides montrent que ces dernières n'affectent pas l'efficacité du désherbage, sauf en Nord et Bretagne où les stratégies mixtes offrent +9% de très bons désherbages et -4% de désherbages insuffisants. En Nord et Bretagne, les stratégies mixtes favorisent le chénopode blanc en présence et nuisibilité mais réduisent les observations de renouée liseron. En Centre-Est, l'ensemble des flores (dont l'ambrosie à feuilles d'armoie) sont

favorisées avec le désherbage mixte, notamment en fréquence d'observation, en revanche, les vivaces sont bien moins nuisibles. En Sud-Ouest, les dicotylédones (dont le datura stramoine) sont favorisées en fréquence d'observation, tandis que le liseron des haies et la sétaire glauque sont moins nuisibles avec un désherbage mixte.

Une comparaison plus précise des passages herbicides entre les stratégies mixtes ou sans désherbage mécanique apportent des précisions supplémentaires. En Nord et Bretagne ainsi que Centre-Est, l'efficacité du désherbage varie peu entre les différentes stratégies choisies combinées à du désherbage mécanique. En région Sud-Ouest, les stratégies impliquant deux passages herbicides de postlevée sont plus efficaces pour les stratégies mixtes, avec +6% de très bons désherbages et -4 à -8% de désherbages insuffisants. Lors de l'observation des résultats pour les passages herbicides sans utilisation de désherbage mécanique, ce sont les stratégies de 2 passages herbicides (2 postlevées ou 1 prélevée + 1 postlevée) qui semblent être favorables. Cela est également marqué pour la région Nord et Bretagne, avec +8 à +16% de très bons désherbages et -6 à -10% de désherbages insuffisants, alors que pour le Centre-Est les variations sont faibles. Pour toutes les régions, l'emploi de désherbage mécanique combiné à 1 ou plusieurs passages d'herbicides, pour chaque stratégie de traitement pris indépendamment, a permis une amélioration du désherbage (variations de 2 à 7% entre les différentes classes d'efficacité). Les observations sur les vivaces correspondent à l'étude de Chicouene (2007) qui indique un meilleur contrôle de ces adventices en désherbage mécanique (selon l'outil) en détruisant les rhizomes. La combinaison de passages herbicides avec du désherbage mécanique est à adapter à la parcelle et son intérêt est constaté par Vigie Flore et différentes études (Rueda-Ayala et al., 2010 ; Pannacci et Tei, 2014).

LEVIERS AGRONOMIQUES ET ADVENTICES : ÉVOLUTIONS ET STRATÉGIES

L'analyse ACM a notamment permis de dégager pour chaque région considérée les points d'améliorations possibles de désherbage. Chaque levier possédant un rôle sur le désherbage a été présenté, mais comme présenté dans la bibliographie, Blackshaw et al. (2007) ainsi que Melander et al. (2017) décrivent l'importance de les combiner. L'ACM présente exactement la même conclusion.

En Nord et Bretagne, le désherbage est bien maîtrisé, malgré la progression de certaines flores, comme la véronique de perse. Ces éléments peuvent s'expliquer par une progression lente des pratiques. Des échecs de gestion dans la rotation sont également des éléments explicatifs. Les TCSL et le désherbage mixte progressent et présentent de bons résultats indiquant que ces derniers sont associés à de bonnes maîtrises. Grâce à ces éléments, il est possible de les mettre en avant avec un risque faible. La stratégie de désherbage possède quelques pistes d'amélioration à approfondir. Ainsi, les parcelles avec un semis après le 16 Avril (voir le 1^{er} Mai) et 2 applications herbicides montrent une meilleure efficacité globale de désherbage, pouvant aller jusqu'à +11% de très bons et -6% d'insuffisants par rapport à la moyenne de la région. Un point d'attention doit être porté au datura stramoine qui commence à être observé en Bretagne.

En Centre-Est, le désherbage est également bien maîtrisé, sauf en TCSL. L'évolution des flores est assez contrastée selon l'espèce considérée avec des difficultés touchant notamment les vivaces et PSD. Les pratiques relevées dans le secteur et les difficultés en TCSL sont un élément principal pouvant expliquer les modifications rencontrées. La combinaison de différents leviers sans labourer permet de reprendre un meilleur contrôle du désherbage et donc modifier la tendance observée pour les adventices. La période de semis d'Avril et l'utilisation de deux passages d'herbicides en plus de TCSL permet une amélioration avec +7% de très bons désherbages et -6% d'insuffisants par rapport à la moyenne des TCSL. Par ailleurs, on remarque l'augmentation des observations d'ambrosie à feuilles d'armoise en parcelle après désherbage, la vallée du Rhône est particulièrement touchée. Une meilleure gestion est obtenue avec un semis après le 1^{er} Mai, des TCS (sauf semis-direct et strip-till) ou un labour avant le 10 Février. Étant plus retrouvé dans les cultures avec un précédent « céréale », un défaut de gestion en cultures de céréales et/ou dans l'interculture entre la céréale et le maïs ressort.

En Sud-Ouest, le désherbage se présente similaire au Nord et Bretagne. Cependant, les flores ne sont clairement pas suffisamment maîtrisées et progressent. Le taux de très bons désherbages est aussi le plus faible du territoire national. La principale explication réside dans le choix des rotations, très tourné vers la monoculture et pour qui l'efficacité de désherbage est la moins appréciable. TCSL et désherbage mixte sont très implantés par rapport aux autres régions et affectent peu l'efficacité de désherbage. Nonobstant, la maîtrise des flores y est plus difficile. Le choix de leviers adaptés et combinés permet d'améliorer la gestion des adventices dans cette grande région. Plusieurs pistes peuvent améliorer la situation. Sans modifier la rotation, l'emploi de 2 passages herbicides en stratégie mixte et semer tardivement améliore le désherbage (-4% insuffisants, +20% très bons). L'élément clé demeure l'allongement de la rotation, qui, combiné à un semis tardif, est une stratégie plus performante, avec +14% de très bons désherbages et -8% d'insuffisants. Il faudra porter une attention particulière au datura stramoine en progression et réel danger pour la production locale. Une stratégie adaptée à la gestion des levées échelonnées est à prévoir en cas d'infestation (Aliaga et Nicolier, 2019 ; Gautier-Grall et al., 2019). Une meilleure gestion est obtenue pour 3 passages herbicides 1 prélevée + 2 postlevées (avec ou sans passage mécanique complémentaire), de même que si le désherbage est bien géré dans sa globalité. Dans le cadre de parcelles infestées, la nuisibilité est bien gérée dans des rotations allongées, avec un labour avant le 10 février et des semis tardifs. Des passages herbicides en postlevée et un appui mécanique en complément améliorent également la gestion de l'infestation au champ. Un point d'attention doit être apporté à l'ambrosie à feuilles d'armoïse qui tend à progresser dans la région.

CONCLUSION

Le désherbage en culture de maïs est un réel défi qu'il convient d'adapter aux besoins de chaque région. Ce document a présenté une analyse large sur 3 grandes régions issue de résultats d'enquêtes Vigie Flore menées directement auprès des agriculteurs par Syngenta et ses partenaires locaux. Il a été aisément mis en avant que chaque région possède des flores et des pratiques très différentes. Leur évolution est sensible. Un choix adapté des conduites de culture et la combinaison de plusieurs leviers permet d'améliorer efficacement la maîtrise des adventices actuelles et envahissantes. Afin de continuer à proposer le Conseil adapté aux multiples enjeux locaux, Vigie Flore s'inscrit comme un outil de diagnostic et d'accompagnement essentiel qu'il convient de pérenniser pour répondre aux besoins de l'agriculture en durabilité et qualité de désherbage.

BIBLIOGRAPHIE

- Aliaga C., Nicolier S., 2019. Connaître la biologie du datura pour mieux le combattre dans le maïs. <https://www.arvalis-infos.fr/conna-tre-la-biologie-du-datura-pour-mieux-le-combattre-en-culture-de-ma-s-@/view-28337-arvarticle.html>. *Arvalis info*.
- Arvalis - Institut du végétal, Terres Inovia, Unilet partenariat Cecab-Broons, CLAL St Yvi, réseau Impact, Triskalia, 2018. Introduire le binage dans les programmes de désherbage du maïs. <https://www.arvalis-infos.fr/introduire-le-binage-dans-les-programmes-de-desherbage-du-ma-s-@/view-27498-arvarticle.html>. *Arvalis info*.
- Blackshaw R.E., Anderson R.L., Lemerle D., 2007. Cultural weed management. *Non-chemical weed management. Principles, concepts and technology*, 35-47.
- Bousquet N., 2018. Bien connaître les ambrosies pour les détruire dans le maïs. <https://www.arvalis-infos.fr/bien-conna-tre-les-ambrosies-pour-les-detruire-dans-le-ma-s-@/view-28862-arvarticle.html>. *Arvalis info*.
- Chicouene D., 2007. Mechanical destruction of weeds. A review. *Agronomy for sustainable development*, 27, 1, 19-27.
- Cloutier D.C., Van der Weide R.Y., Peruzzi A., Leblanc M.L., 2007. Mechanical weed management. *Non-Chemical Weed Management*, 111-134.
- Compagnone C., Hellec F., Macé K., Morlon P., Munier-Jolain N., Quéré Raisonement L., 2008. Des pratiques et des changements de pratiques en matière de désherbage : regards agronomique et sociologique à partir d'enquêtes chez des agriculteurs. *Innovations Agronomiques*, 3, 89-105.
- Demjanová E., Macák M., Čalovič I., Majerník F., Týr Š., Smatana J., 2009. Effects of tillage systems and crop rotation on weed density, weed species composition and weed biomass in maize, *Agronomy Research*, 7, 2, 785-792.
- Doğan M., Boz Ö., Albay F., 2004. Determination of Optimum Weed Control Timing in Maize (*Zea mays* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28, 5, 349-654.
- Gaubert C., 2019. 232 pesticides ou potentiels perturbateurs endocriniens retrouvés dans les lacs et rivières. *Sciences et avenir*. https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/232-pesticides-ou-perturbateurs-endocriniens-dans-les-eaux_133079.

Gómez J. A., Orgaz F., Gómez-Macpherson H., Villalobos F. J., Fereres E., 2016. Tillage. In *Principles of Agronomy for Sustainable Agriculture*, 229-239.

Gautier-Grall B., Lieurade A., Audras O., 2019. Focus sur quatre plantes exotiques envahissantes. *Phytoma*, 722, 57-61

LePoint.fr, 2019. Selon une enquête parlementaire, « rien ne prouve » que le glyphosate soit cancérigène. *Le Point*. https://www.lepoint.fr/environnement/selon-une-enquete-parlementaire-rien-ne-prouve-que-le-glyphosate-est-cancerogene-13-05-2019-2312135_1927.php.

Isik D., Dok M., Altop E.K., Mennan H., Zandstra B.H., 2017. Best timing for glyphosate treatments and possible combinations with pre and post-emergence weed control practices in no-till maize. *Phytoparasitica*, 45, 4, 611–618.

Labreuche J.C.L.S., Souder L.E., Castillon P., Ouvry J.F., 2007. Évaluation des impacts environnementaux des Techniques Culturales Sans labour (TCSL) en France. Partie I: La pratique des TCSL en France. *ADEME*.

Melander B., Liebman M., Davis A. S., Gallandt E. R., Bàrberi P., Moonen A. C., Rasmussen J, Van der Weide R, Vidotto F., 2017. Non-chemical weed management. *Weed Research: Expanding Horizons*, 245-270.

Pannacci E., Tei F., 2014. Effects of mechanical and chemical methods on weed control, weed seed rain and crop yield in maize, sunflower and soyabean. *Crop protection*, 64, 51-59.

Rueda-Ayala V., Rasmussen J., Gerhards R., 2010. Mechanical weed control. *Precision Crop Protection-the Challenge and Use of Heterogeneity*, 279-294.

Sciences et Avenir, AFP, 2019. La dangerosité du glyphosate de nouveau à l'étude, annonce l'Anses. *Sciences et avenir*. https://www.sciencesetavenir.fr/sante/l-anses-promet-une-nouvelle-etude-sur-le-glyphosate_131767.

Sciences et Avenir, 2019b. Qu'est-ce que le glyphosate, principe actif du RoundUp de Monsanto ? *Sciences et avenir*. https://www.sciencesetavenir.fr/nature-environnement/agriculture/qu-est-ce-que-le-glyphosate-principe-actif-du-roundup_126724.

Toupet de Cordoue A.L., Metais P., Vacher C., 2018. La maîtrise des adventices varie selon la stratégie mise en place. <https://www.arvalis-infos.fr/la-ma-trise-des-adventices-varie-selon-la-strategie-mise-en-place-@/view-27904-arvarticle.html>. *Arvalis info*.

Valantin-Morison M., Guichard L., Jeuffroy M.-H., 2008. Comment maîtriser la flore adventice des grandes cultures à travers les éléments de l'itinéraire technique ?. *Innovations agronomiques*, 3, 27-41.