Bases pratiques de désherbage des céréales d'automne au Maroc

Mohamed BOUHACHE

Association Marocaine de Protection des Plantes

Page laissée vierge

Page laissée vierge

Bases pratiques de désherbage des céréales d'automne au Maroc

Mohamed BOUHACHE

Première édition
2020

Association Marocaine de Protection des Plantes

B. P. 6475, Rabat-Instituts, Maroc
Site Web: www.amppmaroc.org,
E-mail: amppmaroc@gmail.com

Imprimerie Dar Al Qalam
Bloc P, Avenue Annour – Rabat –Maroc
E-mail: daralkalam@yahoo.fr
Site Web: www.darlqalam.ma
Tél : 05 37 29 94 90

Dépôt Légal : 2020MO2371
ISBN : 978-9954-582-02-2
Juillet 2020

Tous droits réservés. Toute reproduction même partielle est interdite sans l'autorisation de l'auteur.

SOMMAIRE

PREFACE **7**

AVANT-PROPOS **9**

INTRODUCTION **13**

PREMIERE PARTIE : MAUVAISES HERBES DES CEREALES D'AUTOMNE AU MAROC

CHAPITRE I : Importance et distribution **19**
1. Diversité de la flore adventice **19**
2. Impact de la flore adventice **19**

CHAPITRE II : Principales adventices **23**
1. Caractéristiques globales **23**
2. Dicotylédones préoccupantes **23**
3. Graminées préoccupantes **29**

CHAPITRE III : Reconnaissance et identification des principales Adventices **31**
1. Importance de l'identification **31**
2. Critères de reconnaissance **31**
3. Clé d'identification des principales dicotylédones **33**
4. Clé d'identification des principales graminées **43**

CHAPITRE IV : Biologie et écologie des principales adventices **47**
1. Flore adventice globale **47**
2. Principales graminées **48**

DEUXIEME PARTIE : GESTION DES MAUVAISES HERBES DES CEREALES D'AUTOMNE

CHAPITRE I: Techniques et méthodes de désherbage **61**
1. Objectifs de désherbage **61**
2. Périodes de désherbage **62**
3. Techniques et méthodes de désherbage **64**

CHAPITRE II: Techniques culturales de désherbage **69**
1. Mesures préventives **69**
2. Labour profond **69**
3. Variétés compétitives **70**
4. Rotation des cultures **70**
5. Faux semis **71**

CHAPITRE III : Désherbage chimique **73**
1. Herbicides utilisés dans les céréales d'automne **73**
2. Mode d'action des herbicides **83**

CHAPITRE IV : Bases d'utilisation raisonnée des herbicides **91**
1. Conditions d'utilisation des herbicides **91**
2. Restrictions d'utilisation des herbicides **107**
3. Gestion de la résistance aux herbicides **112**
4. Gestion des résidus d'herbicides dans le sol **125**

REFERENCES **135**

GLOSSAIRE **143**

Annexe 1. Répertoire des herbicides utilisables sur céréales d'automne **149**
Annexe 2. Code HRAC pour la classification des herbicides **159**
Annexe 3. Adresses des sociétés ou des détenteurs des herbicides **161**

PREFACE

Avec ce document sur les bases techniques et scientifiques de gestion des mauvaises herbes au niveau des champs de céréales d'automne ; le Professeur Mohamed BOUHACHE nous livre une riche expérience vécue auprès des céréaliers de plus de trois décennies. Aujourd'hui c'est le fruit d'une expérience de terrain basée sur l'observation ; le suivi ; l'encadrement (étudiants et exploitants agricoles) et l'expérimentation des différentes techniques de désherbage des céréales et leurs évolution ces dernières années qui sont développés et mis en valeur avec ce guide.

L'AMPP fidèle à son engagement depuis sa création en décembre 1993; contribue à travers les manifestations techniques et scientifiques à la diffusion du savoir faire en matière de méthodes de gestion et de lutte contre les ennemis des cultures, auprès de ses adhérents phytiatres et des autres utilisateurs notamment les agriculteurs; techniciens ; les conseillers agricoles et les commerciaux des sociétés phytosanitaires; apporte aujourd'hui à travers ce guide un précieux savoir utilisable immédiatement en fonction des situations et des zones de production des céréales d'automne.

Le Professeur BOUHACHE n'est pas à présenter pour les adhérents de l'AMPP et des spécialistes de la protection des plantes ; du fait qu'il est un membre fondateur de notre association et qu'il a contribué depuis 1993 à la gestion de ses affaires courantes. Aussi il a assuré la présidence pour deux mandats successifs de novembre 2006 à mai 2010. Actuellement ; il continue à assurer l'édition et la gestion de la « Revue Marocaine de Protection des Plantes » et ce depuis sa création en 2010.En outre, Pr. BOUHACHE a contribué à la création et à la diffusion annuelle de l'INDEX PHTOSANITAIRE MAROC entre 2004 et 2017. La sortie de ce document traitant d'une contrainte majeure à l'amélioration de la production et à l'augmentation de la productivité d'une culture de grande importance au Maroc et au Maghreb par les superficies mais aussi par sa contribution à la sécurité alimentaire des citoyens ; est vivement salué par notre association. Notre espoir est de répondre aux différentes questions techniques et surtout apporter une amélioration aux différentes méthodes de lutte et de gestion des adventices qui envahissent nos champs de céréales d'automne.

Cet ouvrage qui aborde les principales adventices des céréales ; leurs biologies et surtout les différentes techniques de leur gestion dans le contexte marocain et selon les principes d'une lutte intégrée afin d'éviter ou retarder l'apparition d'espèces résistantes et d'empêcher ou réduire l'impact des herbicides résiduaires

sur les cultures de la rotation et/ou sur l'environnement au niveau de certaines zones agricoles où les cultures sont conduites intensivement.
Cet ouvrage sera principalement apprécié par les phytiatres ; les agronomes ; les étudiants (agronomie et phytiatrie); les conseillers agricoles; les agents spécialisés dans le développement et l'encadrement phytosanitaire.

L'AMPP qui continue à encourager les spécialistes à éditer leurs travaux ; met à la disposition de ses membres et toute personne intéressée par la bonne conduite du désherbage des céréales d'automne ; la richesse expérience vécue et racontée grâce à la contribution de notre collègue le Professeur BOUHACHE.

Mr Mohamed MIHI

Président de l'AMPP

AVANT-PROPOS

Au début du XV^{ème} siècle, Ibn Khaldoun avait délimité l'espace magrébin en affirmant que : « le Maghreb commence là où les populations portent le burnous et s'arrête là où l'on ne consomme plus le couscous. ». Cette appellation souligne bien que la céréaliculture et le pastoralisme étaient les principales activités ou occupations (bien intégrées) de la population de cette région géographique. Jadis, le Maroc était l'un des pays exportateurs du blé dur et de la laine. Actuellement, la filière céréalière constitue une des principales filières de la production agricole au Maroc. Elle continue à jouer un rôle multiple en ce qui concerne la superficie emblavée annuellement, la formation du Produit Intérieur Brut agricole, l'emploi dans le milieu rural et la source d'alimentation humaine et animale (produits bruts et/ou transformés). Ainsi, l'importance socio- économique de la filière céréalière, concentrée essentiellement sur les cultures du blé tendre, de l'orge et du blé dur, n'est plus à démontrer.

Les superficies emblavées annuellement en céréales d'automne oscillent autour de 5 millions d'hectares, soit près de 60 et 75% de la surface agricole utile (SAU), respectivement sans et avec la jachère qui est principalement liée aux systèmes de production céréaliers. Approximativement, le blé tendre et l'orge représentent chacun 40 % environ de ces superficies et le blé dur 20 %. Les céréales sont pratiquées dans les différentes zones agro-climatiques du pays en assolement avec d'autres cultures annuelles représentées essentiellement par les légumineuses, les cultures industrielles et les cultures fourragères. Ces cultures sont à 90% localisées dans les zones pluviales appelées communément bour. Les principales régions de production se situent dans les zones pluviales des plaines et plateaux de Chaouia, Abda, Haouz, Tadla, Gharb et Saïs où la grande majorité des exploitations pratique la céréaliculture abstraction faite de leur taille. Dans ces régions, les céréales font partie des systèmes de production intégrant l'élevage ovin en particulier, ce qui permet de valoriser les ressources fourragères céréalières (orge, paille, chaumes, sous produits etc.).

Depuis l'indépendance politique du Maroc, les céréales ont toujours bénéficié d'une politique volontariste engagée depuis les années 1960 dans l'objectif de moderniser la filière, et par conséquent, assurer dans un premier temps, l'autosuffisance alimentaire puis, par la suite, la sécurité alimentaire. Les principales interventions de l'Etat à ce sujet ont concerné notamment la recherche agronomique, l'approvisionnement en intrants, la production, la commercialisation, le stockage, les prix aux producteurs et les subventions. En effet, l'opération « labour collectif ou touiza » lancée entre 1957 et 1961 visait

déjà la relance et la modernisation de la céréaliculture par la mécanisation des travaux du sol. Cette opération sera suivie ensuite par des programmes d'intensification basés sur l'utilisation des engrais (opération engrais de 1965), des semences sélectionnées (opération démarrée en 1980) et des produits phytosanitaires. Un programme de sécurisation de la production a été lancé durant la campagne 1999-2000 dans le but de réduire les effets de la sécheresse devenue un phénomène structurel pour l'agriculture marocaine. Son objectif est de mettre en place un plan d'action permettant de sécuriser un niveau de production de 60 millions de quintaux sur 300 000 hectares de céréales, quelles que soient les conditions climatiques qui sévissent durant la campagne agricole même en année de sécheresse. Ce nouveau programme a donné des résultats satisfaisants notamment dans les zones d'action des offices régionaux de mise en valeur agricole (ORMVA). Ainsi, des améliorations des itinéraires techniques sont notées surtout au niveau de la mécanisation des travaux du sol et de l'utilisation des semences certifiées. Avec une croissance démographique galopante, les importations ne cessaient d'augmenter et le Maroc devint très vite un importateur de céréales malgré ces opérations ou programmes.

Pour faire face à cette situation de faiblesse de production et de dépendance accrue des importations, un dernier programme « le Plan Maroc Vert (PMV) » a été lance en 2008 pour une période de 10 ans. Ce nouveau programme prévoit l'investissement de 29 milliards de dirhams à l'horizon 2020, dont 8 à 12 milliards pour l'amont agricole. Le but est de restructurer l'amont céréalier autour de projets d'agrégation en garantissant l'amélioration de la production au niveau d'un million d'hectares. L'objectif est de sécuriser une production céréalière moyenne de 70 millions de quintaux. Depuis le lancement du PMV, la production céréalière en général a connu une amélioration due à la fois à certaines mesures de soutien aux producteurs et à des conditions climatiques jugées globalement favorables. En dix ans, le rendement a connu une croissance de 37%, la production est passée de 53 millions de quintaux en moyenne (en 2000-2008) à 80 millions de qx, le taux de couverture des besoins n'a pas dépassé 65% en moyenne, la production de semences a atteint 2,2 millions de quintaux contre 750 000 qx en 2008 et enfin le taux d'utilisation des semences certifiées est passé de 11% en 2008 à 24% actuellement. Cependant, le niveau de contribution de la production nationale à la sécurité alimentaire reste en dessous des attentes formulées par les responsables politiques et professionnels.

Selon le Ministère de l'Agriculture, la demande totale en céréales en 2020 pourrait atteindre 137,5 millions de quintaux sur une base nutritionnelle pour une population de 40 millions d'habitants. Avec la réalisation d'un taux de couverture

de 65%, le Maroc doit produire 48 millions de quintaux de plus ou continuer à les importer. Ainsi, la filière céréalière devrait néanmoins multiplier les efforts de production en amont dans le but de combler ce déficit d'approvisionnement en produits locaux ou au moins réduire la dépendance vis-à-vis de l'étranger en la matière. Pour gagner ce défi, la filière céréalière doit surmonter trois contraintes : structurelles, techniques et climatiques. La présence des mauvaises herbes dans les champs de céréales impose un stress biotique important sur la culture depuis sa levée jusqu' à sa récolte. Un tel stress pénalise inéluctablement la qualité et la quantité du produit récolté. Il est admis que les pertes de rendement d'une céréale causées par les mauvaises herbes dépassent de loin les 30%. La maitrise de tous les ennemis de culture des céréales pourrait corriger le déficit de production accusé. Ainsi, la lutte contre les mauvaises herbes, ou plutôt la gestion à long terme de l'enherbement d'une céréale dans un contexte agro-écologique donné, représente l'une des facettes des contraintes techniques qu'il faut lever pour améliorer la productivité de notre céréaliculture.

Le présent document est une contribution dans ce sens, comme étant un outil pratique de développement et/ou d'encadrement mis à la disposition des opérateurs dans la filière céréalière. La nécessité de publication de ce document a été sentie suite à plusieurs journées de sensibilisation ou de formations en la matière animées par l'auteur au profit des céréaliculteurs ou des techniciens. En outre, l'information présentée est une cristallisation de la longue expérience de l'auteur, acquise sur le terrain, en côtoyant plusieurs agriculteurs dans les grandes régions céréalières du Maroc. Cette expérience de terrain acharnée est la base de l'inspiration de la conception et le contenu de ce document. En réalité, l'information compilée n'est que des réponses aux différentes questions posées par les agriculteurs et une mise à niveau des lacunes relevées chez certains ingénieurs et techniciens impliqués dans le développement des herbicides ou l'encadrement des agriculteurs ou la gestion des exploitations agricoles. En général, cette information est ventilée sur quatre thématiques liées et successives : la reconnaissance et l'identification des adventices, leur biologie et écologie, leur impact sur les céréales et enfin leur gestion. Dans cette dernière, une attention particulière est accordée à la lutte chimique. Cette distinction ne signifie guère que cette méthode de lutte est préférée ou privilégiée. Mais, tout simplement, c'est là où des erreurs fatales sur le manipulateur, la culture et l'environnement sont commises par manque d'information ou de repères ! Les quatre thématiques sont à leur tour réparties en deux parties : Mauvaises herbes des céréales d'automne au Maroc et gestion des mauvaises herbes des céréales d'automne.

Comparativement aux années 90, l'opération de désherbage chimique devient de plus en plus compliquée à cause des pressions exercées par la société civile et les

protecteurs de l'environnement. Pour éviter ou au moins réduire les accidents dus à la manipulation des herbicides, il est nécessaire que l'utilisateur de ces pesticides soit conscient des risques, armé et outillé d'un minimum de connaissances avant toute opération de désherbage chimique. Ainsi, l'accent a été mis sur le mode d'action des herbicides, les conditions de leur utilisation, leur devenir dans la plante et dans le sol, le phénomène de résistance aux herbicides, le mélange des herbicides et l'utilisation des adjuvants. Les aspects relatifs aux techniques d'application écartés pour la simple raison que l'auteur n'a pas toutes les compétences requises pour traiter cette thématique aussi importante pour la réussite toute opération de désherbage. L'utilité de ce document réside aussi par l'adjonction d'un glossaire des termes utilisés, un répertoire de tous les herbicides utilisables sur céréales avec leurs compositions ; doses et sites d'actions et enfin un répertoire des adresses et contacts des sociétés phytosanitaires qui commercialisent ces herbicides au Maroc.

Cette modeste contribution, qui a pour objectif ultime l'amélioration de la productivité de la céréaliculture marocaine, n'aurait pu voir le jour sans l'aide, l'encouragement et la contribution de collègues et/ou amis à la génération de l'information présentée, aux illustrations fournies (surtout les photos), la lecture et la correction apportées à la première version du document. Ainsi, je remercie bien :
Prof. Ezzahiri Brahim (I.A.V. Hassan II), Prof. Taleb Abdelkader (I.A.V. Hassan II), Prof. Maataoui Abdelwahed (E.N.A. Meknès), Mihi Mohamed (Ex. Marbar-chimie et Président de l'AMPP), Baye Yahya (Ex. INRA Béni-Mellal), Dr. Hamal Abdelhamid (Ex. INRA Meknès), Dr. Tanji Abbès (Ex. INRA Settat), Dr. Rsaissi Noureddine (ONCA, Settat), Benmansour Samir (Domaines Agricoles), Rahmoun Abdellah (Domaines Agricoles), Benmessaoud Driss (Domaines Agricoles), Guirri Mohamed (Domaines Agricoles), Dr. Asfers Adil (Providence Verte), Bousricir Driss (Amaroc), El Amrani Adellatif (Promagri). Que les autres me pardonnent de ne pouvoir les citer tous et toutes. Enfin, un autre remerciement est adressé au Prof. Taleb, avec qui j'ai partagé ma carrière d'une quarantaine d'années dans le domaine de Malherbologie, pour ses derniers soins de mise en page apportés à ce document.

Ce document intitulé « **Bases pratiques de désherbage des céréales d'automne au Maroc »** a eu le grand privilège d'être édité par l'Association Marocaine de Protection des Plantes (AMPP) et préfacé par son Président, Mohamed MIHI. Qu'il me soit permis de leur exprimer mes remerciements et ma très profonde gratitude.

Mohamed BOUHACHE
Rabat, Juin 2020

INTRODUCTION

Les mauvaises herbes (appelées aussi agronomiquement les adventices) constituent, par ordre d'importance, la deuxième contrainte après les problèmes d'installation ou tout simplement de la réussite du peuplement souhaité. Telle était la conclusion d'un diagnostic agronomique, conduit par le Ministère de l'Agriculture, de la Pêche Maritime, du Développement Rural et des Eaux et Forêts, sur les facteurs qui entravent la céréaliculture marocaine pour atteindre ses potentialités. La catégorie des adventices associées aux céréales d'automne ou à paille sont aussi appelées les messicoles (espèces des moissons) car elles ont un cycle de vie calqué sur celui de ces cultures. Elles germent en automne fleurissent au printemps et arrivent à la maturité avec la moisson des céréales. Bien qu'il soit souvent difficile d'établir avec certitude l'origine des espèces messicoles, ou plus généralement l'origine de toute adventice, il est admis que les premières messicoles (e.g. les coquelicots, les nigelles et les avoines) suivirent le flux des semences des céréales introduites des régions montagneuses du Moyen-Orient lors de nombreuses et incessantes migrations des populations vers notre région. Certaines y furent alors à leur tour cultivées et améliorées. Par exemple, la plupart des avoines cultivées sont originaires de l'avoine stérile (*Avena sterilis*). Ces messicoles sont maintenues dans nos champs car elles y avaient retrouvé des conditions proches de leur biotope d'origine et étaient régulièrement (mais involontairement) ressemées par l'homme. Au cours des siècles, leurs aires de répartition se sont élargies sur de grandes distances. Au fil du temps, ce cortège pionnier est enrichi par les espèces endémiques ou autochtones et par d'autres espèces venant de tout azimut du globe. Ainsi, actuellement, la flore adventice des céréales du Maroc contient des espèces d'origine américaine, européenne, asiatique, tropicale etc.

Au cours du cycle d'une culture, l'évolution de la composition floristique de la parcelle ou de l'abondance des espèces change avec le cycle de la céréale (Photo 1): les espèces de début du cycle ne sont pas les mêmes que celles de fin du cycle ou ont une abondance différente.

Les premières sont responsables de l'essentiel de la compétition vis-à-vis de la culture (nuisibilité primaire directe), tandis que les secondes agissent sur la pénibilité du travail de moisson, la dépréciation qualitative de la récolte (nuisibilité primaire indirecte) et l'augmentation du stock semencier du sol (nuisibilité secondaire ou potentielle). Ainsi de tout temps, les agriculteurs souhaitent éliminer les plantes messicoles qualifiées d'indésirables de leurs cultures céréalières pour assurer une rentabilité potentielle sinon maximale. Les agriculteurs en général et les céréaliculteurs en particulier devraient dépasser cet

objectif éphémère et passer à une gestion raisonnée (sinon intégrée ?) de la flore adventice qui garantit en fin de compte l'efficacité et la durabilité du système de production agricole.

Photo 1 : Champ du blé infesté par les mauvaises herbes

La mise en œuvre de cette gestion nécessite une connaissance approfondie de la biologie et de l'écologie des espèces de cette flore et les atouts et faiblesses des moyens de lutte permis. Une telle approche permet, par exemple, de connaître de façon précise les espèces problématiques qu'il faut gérer et les facteurs écologiques et agronomiques qui vont influencer leur croissance et développement. Une action sur ces facteurs permettrait de maintenir les communautés de mauvaises herbes en dessous d'un niveau d'infestation économiquement acceptable. En outre, la mise en œuvre d'une action de désherbage doit être décidée en comparant le coût de l'opération de désherbage avec le gain apporté par cette action sur le rendement, la qualité de la production, la culture subséquente, le maintien du potentiel de la parcelle et la préservation de l'environnement.

La question dois-je désherber ? est un souci légitime que tout agriculteur puisse avoir devant une infestation de son champ par les mauvaises herbes. Certes, il est difficile parfois de répondre par un «Oui» ou par un «Non». Malheureusement,

pour certains faire appel ou porter le pulvérisateur reste un réflexe (par rapport au voisin) plus qu'un raisonnement. A l'exception des grands céréaliculteurs ayant un bon niveau de technicité, beaucoup d'agriculteurs n'arrivent pas à se débarrasser des mauvaises herbes convenablement et à temps. Une simple tournée dans nos champs de céréales, au printemps, permet de faire deux constats. Premièrement, la superficie désherbée reste faible par rapport aux cinq millions d'hectares emblavés chaque année. Deuxièmement, l'infestation des parcelles par les mauvaises herbes nécessite de fournir plus d'efforts pour la réussite de l'opération de désherbage (Photo 2). Ainsi, une gestion qui devrait garantir un désherbage de qualité et durable doit être fondée sur des bases ou fondements et des principes développés par la suite dans ce document.

Photo 2 : Opération de désherbage réussie au stade végétatif et à la récolte

Page laissée vierge

PREMIERE PARTIE

Mauvaises herbes des céréales d'automne au Maroc

Page laissée vierge

CHAPITRE I : Importance et distribution

Les mauvaises herbes font partie des ennemis des céréales qu'il faut gérer pour garantir une bonne production. Leur élimination est recherchée quel que soit le prix ou l'effort nécessaire. L'importance de cette végétation autre que la culture découle de deux constats : sa diversité et son impact sur la culture.

1. Diversité de la flore adventice

Les champs céréaliers marocains renferment une flore adventice nombreuse et très diversifiée. Ainsi, le nombre de mauvaises herbes varie d'une région à l'autre et oscille entre 188 et 315 espèces (Tableau 1). Cette richesse est notée également au niveau parcellaire du moment que le nombre d'espèces adventices par champ prospecté pourrait osciller entre 11et 78 espèces.

Tableau 1 : Richesse spécifique de la flore adventice associée aux céréales d'automne

Régions	Nombre d'espèces	Année d'inventaire	Régions	Nombre d'espèces	Année d'inventaire
Abda	270	1985	Moulouya	286	1991 - 2008 - 2012
Chaouia	315	1981, 1994	Rhamna	204	1986
Doukkala	188	1995	Saïss	269	1985
Haouz	258	1994	Souss-Massa	224	2006
Loukkous	244	1994	Tadla	269	1981-83

Comparativement aux pays à agriculture beaucoup plus intensive, la richesse de nos champs témoigne de la sous utilisation des herbicides aussi bien dans le temps que dans l'espace. C'est vrai que parfois, une seule espèce suffit pour compromettre la culture. En cas de forte infestation, le brome dont la densité dépasse ou équivalente à trois fois celle du blé dans la région du Saïss en est un bon exemple. Ce niveau d'infestation pourrait se traduire par une baisse de production de plus 90%.

2. Impact de la flore adventice

En pratique, l'agriculteur a plus de soucis sur l'impact de la flore adventice sur la quantité et la qualité de sa production céréalière. Les pertes économiques sont

causées par les mauvaises herbes d'une façon directe ou indirecte. Ainsi, ces mauvaises herbes perturbent les travaux agricoles, altèrent la qualité de la récolte, réduisent les rendements et interfèrent avec d'autres ennemis de la culture surtout avec les champignons et les insectes. En fonction de la nature du cortège floristique, de degré d'infestation des champs, de la région et des conditions climatiques de l'année, les mauvaises herbes associées à une céréale pourraient engendrer des pertes de rendement potentielles de 15 à 98%. Dans les conditions du Gharb, une étude sur l'impact des mauvaises herbes sur le rendement du blé a permis de montrer que les pertes de production dépendent beaucoup de la catégorie des adventices infestant le champ (Photo 3).

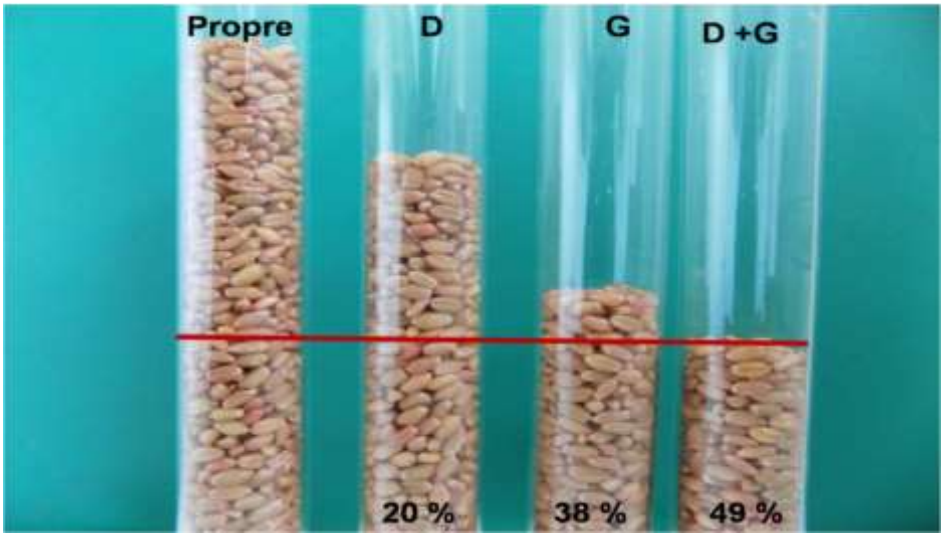


Photo 3 : Pertes du rendement (%) du blé causées par les dicotylèdones (D) et les graminées (G)

En outre, la présence des adventices dans un champ de céréales accentue le problème des maladies foliaires : environ 160 espèces sont recensées au Maroc comme plantes hôtes des agents pathogènes responsables de maladies des maladies des céréales et des légumineuses alimentaires, favorise les pullulations d'insectes (Photo 4) et entrave l'exécution de certaines pratiques culturales (la moisson pour les espèces de fin du cycle, Photos 5 et 6). La compétition pour l'eau, les éléments minéraux (fertilisants) et la lumière ainsi que la sécrétion des substances toxiques (allèlopathie) sont les causes directes des pertes de rendement dues aux mauvaises herbes. Des cas de parasitisme par le thésium ou « mliliha » (*Thesium humile)* sur les céréales ont été observés dans les régions d'Abda, Zemmour et l'Oriental.

Photo 4: Pustules de la rouille brune du blé (tache orange) sur l'hôte alternatif (*Anchusa italica*) (à droite) et pullulation du puceron noir (*Aphis fabae*) sur le chénopode blanc

Photo 5 : Infestation de fin du cycle d'un champ du blé dans la région du Loukkos

Photo 6 : Infestation de fin du cycle d'un champ du blé dans la région du Saïs

CHAPITRE II : Principales adventices

1. Caractéristiques globales

Les prospections des champs de céréales dans les différentes régions, entamées depuis 1981, ont permis d'inventorier presque 400 espèces adventices appartenant à 48 familles botaniques. Ainsi, les céréales renferment presque la moitie des mauvaises herbes de toutes les cultures ou milieux artificialisés du Maroc. Les *Asteraceae, Fabaceae, Poaceae, Brassicaceae, Apiaceae* et *Caryophyllaceae* sont les familles les plus dominantes avec 58% de l'effectif spécifique. Les trois premières familles fournissent à elles seules 40% des espèces. Les dicotylédones (plantes à feuille large) (85%), les thérophytes (annuelles) (77%) et l'élément floristique méditerranéen (66%) caractérisent la flore associée aux céréales. Ces espèces annuelles sont caractérisées par un cycle court (le plus souvent adapté à celui de la culture céréalière) et sont favorisées dans les milieux assez bien travaillés. En outre, la plupart de ces espèces germent en automne ou en hiver dès les premières pluies ; ce sont des microthermiques ou micro-eurythermiques. Pour le contrôle de la flore adventice des céréales, trois catégories d'herbicides sont mis sur le marché national : les anti-dicotylédones, les anti-graminées et les anti- dicots et graminées. Dans la pratique, la connaissance des espèces préoccupantes de ces deux catégories de mauvaises herbes dans un champ de céréales est un préalable pour une la réussite de la gestion de cette flore adventice.

2. Dicotylédones préoccupantes

Uniquement une soixantaine d'espèces dicotylédones (Tableaux 2 et 2bis) peuvent être considérées comme préoccupantes ou fréquentes dans nos champs de céréales d'automne. L'importance agronomique de ces espèces a été appréciée sur la base du calcul de l'indice partiel de nuisibilité (combinaison de recouvrement et de la fréquence) de chaque espèce ou dans le cas échéant sur la fréquence relative ou leur importance observée sur le terrain. Les mauvaises herbes dicotylédones préoccupantes sont relativement nombreuses et diversifiées et renferment des espèces difficiles à contrôler telles que les gaillets, les liserons, les chardons, la centaurée, les fumeterres, l'emex épineux, les gesses, les mauves etc... Cette flore préoccupante est dominée par les annuelles qui sont relativement faciles à gérer comparativement aux vivaces. Parmi ces dernières deux espèces posent des problèmes pour les céréaliculteurs : le liseron fausse-guimauve et le liseron des champs (Photo 7). A côté de ces espèces préoccupantes ou majeures existent beaucoup d'espèces mineures, peu fréquentes mais qui contribuent à la

richesse floristique et exercent une nuisibilité par effet de cumul. Ainsi, une bonne gestion devrait considérer et surveiller cette catégorie car à long terme elle pourrait changer de statut sous l'effet du changement climatique ou/et sous la pression des techniques culturales préconisées par les agriculteurs. Ainsi, une espère mineure pourrait être un problème dans certaines conditions. Par exemple, l'oxalide (*Oxalis pes-caprea*), qui est une géophyte à bulbilles (Photo 8) et allélpathique vis-à-vis des céréales, pose un sérieux problème dans tous les champs de céréales, installés après l'arrachage d'un verger d'agrumes, dans la région du Gharb.

Tableau 2: Principales adventices dicotylédones des céréales (ordre alphabétique)

Espèces	**Famille botanique**	**Ethologie**
Anacyclus radiatus Loisel.	*Asteraceae*	Annuelle
Anagallis foemina Miller	*Primulaceae*	Annuelle
Anchusa azurea Miller	*Boraginaceae*	Vivace
Astragalus boeticus L.	*Fabaceae*	Annuelle
Beta macrocarpa Guss.	*Chenopodiaceae*	Annuelle
Calendula arvensis L.	*Asteraceae*	Annuelle
Capsella bursa-pastoris (L.) Medicus	*Brassicaceae*	Annuelle
Centaurea diluta Aiton	*Asteraceae*	Annuelle
Chenopodium album L.	*Chenopodiaceae*	Annuelle
Chenopodium murale L.	*Chenopodiaceae*	Annuelle
Chrysanthemum coronarium L.	*Asteraceae*	Annuelle
Chrysanthemum segetum L.	*Asteraceae*	Annuelle
Cichorium endivia L.	*Asteraceae*	Annuelle
Convolvulus althaeoïdes L.	*Convulvulaceae*	Vivace
Convolvulus arvensis L.	*Convulvulaceae*	Vivace
Diplotaxis tenuisiliqua Delile	*Brassicaceae*	Annuelle
Echium plantagineum L.	*Boraginaceae*	Annuelle
Emex spinosa (L.) Campd.	*Polygonaceae*	Annuelle
Fumaria agraria Lag.	*Papaveraceae*	Annuelle
Fumaria parviflora Lam.	*Papaveraceae*	Annuelle
Galium tricornutum Dandy	*Rubiaceae*	Annuelle
Galium verrucosum Hudson	*Rubiaceae*	Annuelle
Glaucium corniculatum (L.) Rudol.	*Papaveraceae*	Annuelle
Hirschfeldia adpressa Moench	*Brassicaceae*	Annuelle
Lamium amplexicaule L.	*Lamiaceae*	Annuelle

Tableau 2 (Suite)

Lathyrus articulatus L.	*Fabaceae*	Annuelle
Lathyrus cicera L.	*Fabaceae*	Annuelle
Launea nudicaulis (L.) Hooker	*Asteraceae*	Vivace
Lavatera trimestris L.	*Malvaceae*	Annuelle
Malva parviflora L.	*Malvaceae*	Annuelle
Medicago polymorpha L.	*Fabaceae*	Annuelle
Melilotus sulcatus Desf.	*Fabaceae*	Annuelle
Misopates orontium (L.) Rafin	*Scrophulariaceae*	Annuelle
Papaver hybridum L.	*Papaveraceae*	Annuelle
Papaver rhoeas L.	*Papaverceae*	Annuelle
Plantago afra L.	*Plantaginaceae*	Annuelle
Polygonum aviculare L.	*Polygonaceae*	Annuelle
Raphanus raphanistrum L.	*Brassicaceae*	Annuelle
Rhagadiolus stellatus (L.) Gaertner	*Asteraceae*	Annuelle
Ridolfia segetum Moris	*Apiaceae*	Annuelle
Rumex pulcher L.	*Polygonaceae*	Vivace
Scandix pecten-veneris L.	*Apiaceae*	Annuelle
Scolymus hispanicus L.	*Asteraceae*	Annuelle
Scolymus maculatus L.	*Asteraceae*	Annuelle
Scorpiurus muricatus L.	*Fabaceae*	Annuelle
Scorpiurus vermiculata L.	*Fabaceae*	Annuelle
Silene gallica L.	*Caryophyllaceae*	Annuelle
Silene vulgaris (Moench) Garcke	*Caryophyllaceae*	Vivace
Silybum marianum (L.) Gaertner	*Asteraceae*	Annuelle
Sinapis alba L.	*Brassicaceae*	Annuelle
Sinapis arvensis L.	*Brassicaceae*	Annuelle
Sonchus asper (L.) Hill	*Asteraceae*	Annuelle
Sonchus oleraceus L.	*Asteraceae*	Annuelle
Torilis nodosa (L.) Gaertner	*Apiaceae*	Annuelle
Urtica urens L.	*Urticaceae*	Annuelle
Vaccaria hispanica (Miller) Rausc.	*Caryophyllaceae*	Annuelle
Vicia benghalensis L.	*Fabaceae*	Annuelle
Vicia sativa L.	*Fabaceae*	Annuelle
Ziziphus lotus (L.) Lam.	*Rhamnaceae*	Vivace

Tableau 2bis : Nomenclature des principales adventices dicotylédones des céréales (ordre alphabétique)

Espèces	Noms vernaculaires	
	Français	Marocains
Ammi majus	Grand ammi	Tlaylane
Anacyclus radiatus.	Anacycle rayonnant	Hallala
Anagallis foemina	Mouron des champs	Ain El fellous
Anchusa azurea	Buglosse d'Italie	Lsan El ard
Astragalus boeticus	Astragale de Bétique	Krinbouch
Beta macrocarpa	Bette à gros fruits	Salg
Calendula arvensis.	Souci des champs	Jamra
Capsella bursa-pastoris	Bourse à pasteur	Kiss râai
Centaurea diluta	Centaurée pâle	Zemmouria
Chenopodium album	Chénopode blanc	Berramram
Chenopodium murale.	Chénopode des murs	Berramram
Chrysanthemum coronarium	Chrysanthème à couronnes	Kräa djaja
Chrysanthemum segetum	Chrysanthème des moissons	Gahouane
Cichorium endivia	Chicorée	Bou aggad
Convolvulus althaeoïdes	Liseron fausse- guimauve	Louya
Convolvulus arvensis	Liseron des champs	Louya
Diplotaxis tenuisiliqua	Diplotaxe à siliques ténues	Karkaz
Echium plantagineum	Vipèrine faux plantin	Achoum
Emex spinosa	Emex épineux	Hammida
Fumaria agraria	Fumeterre des champs	Sibana
Fumaria parviflora	Fumeterre à petites fleurs	Sibabana
Galium tricornutum	Gaillet à trois cornes	Lassika
Galium verrucosum	Gaillet verruqueux	Lassika
Glaucium corniculatum	Pavot cornu	Garn taour
Hirschfeldia adpressa	Raquette bâtarde	Karkaz
Lamium amplexicaule	Lamier amplexicaule	Oudnine el far
Lathyrus articulatus.	Gesse articulée	Jelbana
Lathyrus cicera	Gesse chiche	Jelbana

Tableau 2 bis (Suite)

Launea nudicaulis	Launée à tiges nues	Marrara
Lavatera trimestris	Lavatère à grandes fleurs	Khoubbiza
Malva parviflora	Mauve à petites fleurs	Khoubbiza
Medicago polymorpha	Luzerne polymorphe	Nefla
Melilotus sulcatus	Melilot sillonné	Nefla
Misopates orontium	Muflier rubicond	Khoukhou chair
Papaver hybridum	Coquelicot	Balâamane
Papaver rhoeas	Grand coquelicot	Belâamane
Plantago afra	Plantain pucier	Massassa
Polygonum aviculare	Renouée des oiseaux	Baymout
Raphanus raphanistrum	Ravenelle, radis sauvage	Bahammou labied
Rhagadiolus stellatus	Rhagadiole en étoile	Dfar El Koubäa
Ridolfia segetum	Aneth des moissons	Slili, tabch
Rumex pulcher	Patience –violon	Hammida
Scandix pecten-veneris.	Peigne de vénus	Machita
Scolymus hispanicus	Scolyme d'Espagne	Chefraj, Zarnej
Scolymus maculatus	Scolyme taché, maculé	Chefraj, Zarnej
Scorpiurus muricatus	Chenillette épineuse	Kalouat larnab
Scorpiurus vermiculata	Chenillette vermiculée	Kalouat larnab
Silene gallica	Silène de France	Nouarat Läagreb
Silene vulgaris	Silène enflée, commun	Tighecht
Silybum marianum	Chardon de Marie	Taoura
Sinapis alba	Moutarde blanche	Bahammou
Sinapis arvensis	Moutarde des champs	Bahammou
Sonchus asper	Laiteron rude	Tifaf

Tableau 2 bis (Suite)

Sonchus oleraceus	Laiteron maraîcher	Tifaf
Torilis nodosa	Torilis noueuse	Machita
Urtica urens	Ortie brûlante	Harriga
Vaccaria hispanica	Saponaire, savonnière	Kohaila, Karbaba
Vicia benghalensis	Vesce du Bengale	Bouzghayba
Vicia sativa	Vesce cultivée	Bouzghayba
Ziziphus lotus	Jujubier	Sedra

Photo 7 : Champ du blé infesté par le liseron des champs

Photo 8: Champ du blé infesté par l'oxalide à meknès (à droite) avec un plant avec bulbilles (à gauche)

3. Graminées préoccupantes

A l'inverse de la classe des dicotylédones, la classe des monocotylédones est représentée par 12 espèces dominées par la famille des *Poaceae* (graminées) qui fournit la presque totalité des espèces de cette classe (Tableaux 3 et 3bis). A côté des problèmes classiques de folle-avoine ; ray-grass et alpistes, le brome est considéré actuellement comme l'une des espèces redoutables et envahissantes des céréales non seulement au Maroc mais dans tout le pourtour du bassin méditerranéen. Malgré sa fréquence dans les champs des céréales irrigués, le pâturin annuel (*Poa annua*) n'est pas une espèce aussi vigoureuse et compétitive que les quatre graminées précédentes. Récemment, deux autres graminées (l'orge des rats et la vulpie genouillée) commencent à prendre de l'importance en s'installant à l'intérieur des champs de céréales après une période d'attente sur les bordures. Dans un domaine près de Rommani, l'orge des rats a été observée sous forme de foyers (60 à 70 pieds/m^2) à 60 m de la bordure. L'ensemble des foyers couvrait en 2013 une superficie de 2 ha sur 100 ha. Les relevés floristiques réalisés dans plusieurs régions céréalières du Maroc ont permis de souligner que deux vulpies (genouillée et queue-de-rat) sont présentes dans moins de 20% des champs prospectés. Dans une exploitation agricole à Meknès, la vulpie genouillée

a totalement couvert trois grands champs du blé (80 ha au total) en 2018 avec une densité estimée à plus de 1200 pieds/m^2 dans une parcelle. Ainsi, toute négligence ou sous estimation du risque pourrait reproduire le scenario d'invasion du brome des années 90.

Tableau 3 : Principales adventices monocotylédones des céréales (ordre alphabétique)

Espèces	**Famille botanique**	**Ethologie**
Arisarum vulgare Targ.-Tozz	*Araceae*	Vivace
Avena sterilis L.	*Poaceae*	Annuelle
Bromus rigidus Roth.	*Poaceae*	Annuelle
Cynodon dactylon (L.) Pers.	*Poaceae*	Vivace
Hordeum murinum L.	*Poaceae*	Annuelle
Lolium rigidum Gaudin	*Poaceae*	Annuelle
Muscari comosum (L.) Miller	*Liliaceae*	Vivace
Phalaris brachystachys Link	*Poaceae*	Annuelle
Phalaris minor Retz	*Poaceae*	Annuelle
Phalaris paradoxa L.	*Poaceae*	Annuelle
Poa annua L.	*Poaceae*	Annuelle
Vulpia geniculata (L.) Link. L.	*Poaceae*	Annuelle

Tableau 3bis: Nomenclature des principales adventices monocotylédones des céréales (ordre alphabétique)

Espèces	**Noms vernaculaires**	
	Français	**Marocain**
Arisarum vulgare	Gouet à capuchon	Ayerni
Avena sterilis	Avoine stérile	Khortal
Bromus rigidus	Brome raide	Bahma, Sibousse
Cynodon dactylon	Chiendent pied de poule	Njem
Hordeum murinum	Orge des rats	Sboul El Far
Lolium rigidum	Ivraie raide, ray grass	Madhoun
Muscari comosum	Muscari à toupet	Bassila
Phalaris brachystachys	Alpiste à épi court	Zouane, Fazouate
Phalaris minor	Petit Alpiste	Zouane, Fazouate
Phalaris paradoxa	Alpiste paradoxal	Zouane, Fazouate
Poa annua	Pâturin annuel	Boussibouss, Dzimi
Vulpia geniculata	Vulpie genouillée	Boussibouss

CHAPITRE III : Reconnaissance et identification des principales adventices

1. Importance de l'identification

La reconnaissance des mauvaises herbes est une étape très importante sinon déterminante pour toute décision de désherbage quel que soit la méthode de lutte à choisir. Il est fréquent de trouver sur la même exploitation une flore qui diffère d'une parcelle à une autre. En plus, cette identification est très délicate car il est indispensable de reconnaitre les adventices au stade plantule (2 à 4 feuilles). Bien que plusieurs ouvrages dédiés à l'identification des adventices à tous les stades (semence, plantule et adulte) soient disponibles, seule la pratique sur le terrain d'exercices de reconnaissance permettrait de mémoriser les espèces. En dehors de l'agriculture biologique, il n'est pas concevable d'imaginer une agriculture moderne et intensive sans recours aux herbicides pour combattre la végétation nuisible. Ainsi, il ne faut pas se fier aux photos, noms vernaculaires ou noms communs d'espèces car les confusions sont possibles entre les espèces qui sont proches morphologiquement mais dont le comportement vis-à-vis des herbicides pourrait être totalement différent. L'intégration de leviers agronomiques dans une stratégie de désherbage exige la connaissance de la biologie et l'écologie des composantes de la flore à contrôler. Ainsi, leur identification constitue la clef de voûte pour l'accès à cette information.

2. Critères de reconnaissance

Chaque espèce ou groupe d'espèces possède plusieurs caractères ou critères, parfois peu évidents et nécessitent l'utilisation d'une loupe permettant leur reconnaissance ou identification. La distinction entre les deux grands groupes de mauvaises herbes infestant les céréales (dicotylédones et graminées) est basée essentiellement sur la morphologie des feuilles. Chez les graminées, les feuilles sont étroites, allongées, souvent alternes, engainantes, sessiles, entières et à nervation parallèle avec la nervure médiane presque toujours apparente. Les feuilles des dicotylédones sont pétiolées, larges, entières ou découpées à nervation pennée ou digitée. Une fois ces deux groupes sont distingués, les critères suivants sont utilisés pour identifier les espèces au stade plantule :

- Dicotylédones (plantes à feuilles larges) : forme et taille des cotylédons, disposition des feuilles (opposées, verticillées, alternes), type de plantule (tigelle d'emblée allongée, rosette) (Figure 1), forme et découpure des feuilles, pilosité (localisation, densité, type), couleur du limbe et autres critères (odeur au froissement, goût, pigmentation etc.),

- Graminées (plantes à feuilles étroites): préfoliaison (pliée, enroulée), oreillettes (absence, présence), ligule (absence, présence), pilosité (localisation, densité), gaine (forme, couleur), rapport longueur/largeur du limbe des feuilles, couleur et autres critères (présence des graines sur la racine de la plantule déterrée, pigmentation etc.).

Plusieurs documents spécialisés dans la reconnaissance ou l'identification des mauvaises herbes au niveau régional et national ont été élaborés ou édités et d'autres sont en préparation. Les ouvrages suivants sont à recommander pour l'identification des espèces préoccupantes dans une culture de céréales :

- Mauvaises herbes des régions arides et semi-arides du Maroc. Edition INRA, Rabat (1988), Tanji A. Boulet C. et Reigher D. L.
- Les mauvaises herbes du Souss. Edition actes, I.A.V. Hassan II, Rabat (1991), Boulet C., Bouhache M., Taleb A. et Wahbi M.
- Adventices du blé et de l'orge au Maroc. Edition INRA, Rabat (2005). Tanji A.
- Principales adventices des cultures au Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). , Rabat (2015), Taleb A.

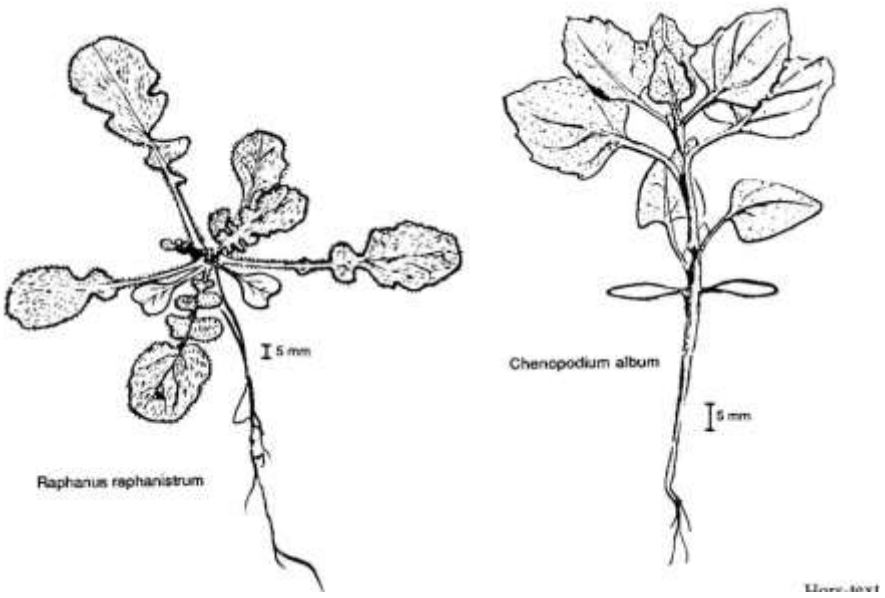


Figure 1: Exemple de plantules en rosette (à gauche) et en tigelle d'emblée allongée (à droite) (Boulet et *al*., 1991)

3. Clé d'identification des principales dicotylédones

En général, les plantules des adventices dicotylédones (ou plantes à feuilles larges) sont facilement détectables et repérables dans une céréale vu la différence morphologique entre cette dernière et cette catégorie d'adventices. Ainsi, quatre critères morphologiques tels que l'origine de la plantule, le type de plantule (tigelle d'emblée allongée, rosette), disposition des feuilles (Figure 2) (opposées, verticillées, alternes) et la pilosité de la plantule sont à observer pour arriver à identifier les soixantaines adventices préoccupantes (Tableau 4). La présence du reste des semences ou des fruits sur le système racinaire des plantules déterrées aide également à bien déterminer certaines espèces (Photo 11). Bien qu'elles soient considérées comme des espèces pluriannuelles, les plantules d*'Anchusa azurea* et *Rumex pulcher*, observées dans un champ de céréale conduite en semis conventionnel, sont toujours issues de germination de leurs semences. Quant aux deux liserons (*Convolvulus arvensis* et *C. althaeoïdes*), les plantules sont issues aussi bien de la germination que de la régénération. Les photos illustratives de chaque espèce sont consignées dans les planches1et 2.

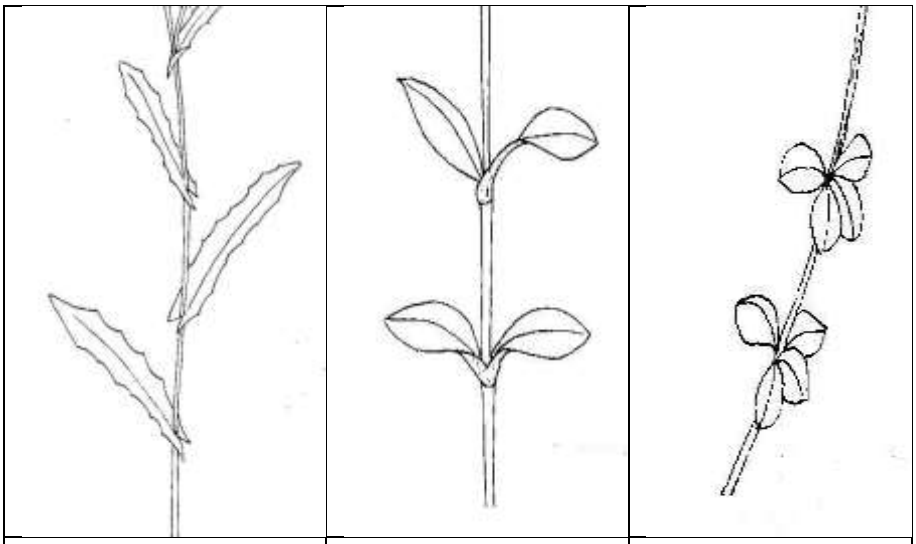


Figure 2 : Disposition des feuilles sur la tige d'une plantule dicotylédone

Tableau 4: Critères d'identification des principales dicotylédones associées aux céréales d'automne

Origine de la plantule	Type de plantule	Disposition des feuilles	Pilosité	Espèces correspondantes
Repousse	Rosette	Alternes	Glabre	*Rumex pulcher*
			Poilue	*Anchusa azurea, Launea nudicaulis, Oxalispes-caprae*
		Opposées	Glabre	*Silene vulgaris*
	Tigelle d'emblée allongée	Alternes	Glabre	*Convolvulus arvensis, Ziziphus lotus*
			Poilue	*Convolvulus althaeoïdes*
Germination	Rosette	Alternes	Glabre	*Ammi majus, Anacyclus radiatus, Beta macrocarpa, Convolvulus arvensis, Emex spinosa, Fumaria agraria, Fumaria parviflora, Rhagadiolus stellatus, Ridolfia segetum, Rumex pulcher, Scolymus hispanicus, Scolymus maculatus, Silybum marianum*
			Poilue	*Anchusa azurea, Capsella bursa-pastoris, Centaurea diluta, Cichorium endivia, Convolvulus althaeoïdes, Diplotaxis tenuisiliqua, Echium plantagineum, Glaucium corniculatum, Hirschfeldia adpressa, Lavatera trimestris, Malva parviflora, Papaver hybridum, Papaver rhoeas, Raphanus raphanistrum, Scandix pecten-veneris, Silene gallica, Sinapis alba, Sinapis arvensis, Sonchus asper, Sonchus oleraceus, Torilis nodosa*

Tableau 4: (Suite)

		Opposées	Poilue	*Calendula arvensis*
	Tigelle d'emblée allongée	Alternes	Glabre	*Chenopodium album, Chenopodium murale, Chrysanthemum coronarium, Chrysanthemum segetum, Lathyrus articulatus, Lathyrus cicera, Medicago polymorpha, Polygonum aviculare*
			Poilue	*Astragalus boeticus, Melilotus sulcatus, Scorpiurus muricatus, Scorpiurus vermiculata, Vicia benghalensis, Vicia sativa, Misopates orontium*
		Opposées	Glabre	*Anagallis foemina, Vaccaria hispanica*
			Poilue	*Lamium amplexicaule, Plantago afra, Urtica urens*
		Verticillées		*Galium tricornutum, Galium verrucosum*

Planche 1: Adventices dicotylédones issues de régénération

Rumex pulcher

Convolvulus althaeoïdes

Launaea nudicaulis

Oxalis pes-caprae

Silene vulgaris

Convolvulus arvensis

Ziziphus lotus

Anchuza azurea

Planche 2: Adventices dicotylédones issues de germination

Ammi majus

Anacyclus radiatus

Beta macrocarpa

Convolvulus arvensis

Emex spinosa

Fumaria agraria

Fumaria parviflora

Rhagadiolus stellatus

Ridolfia segetum

Planche 2: (Suite)

Rumex plcher

Scolymus hispanicus

Scolymus maculatus

Silybum marianum

Anchusa azurea

Capsella bursa-pastoris

Centaurea diluta

Cichorium endivia

Convolvulus althaeoïdes

Planche 2 : (Suite)

Diplotaxis tenuisiliqua

Echium plantagineum

Glaucium corniculatum

Hirschfeldia adpressa

Lavatera trimestris

Malva parviflora

Papaver hybridum

Papaver rhoeas

Raphanus raphanistrum

Planche 2 : (Suite)

Scandix pecten-veneris

Silene gallica

Sinapis alba

Sinapis arvensis

Sonchus asper

Sonchus oleraceus

Torilis nodosa

Calendula arvensis

Chenopodium album

Planche 2 : (Suite)

Chenopodium murale

Chrysanthemum coronarium

Chrysanthemum segetum

Lathyrus articulatus

Lathyrus cicera

Medicago polymorpha

Polygonum aviculare

Astragalus boeticus

Melilotus sulcatus

Planche 2 : (Suite)

Scorpiurus muricatus

Scorpiurus vermiculata

Vicia benghalensis

Vicia sativa

Misopates orontium

Anagallis foemina

Vaccaria hispanica

Lamium amplexicaule

Plantago afra

Planche 2 : (Suite)

Urtica urens

Galium tricornutum

Galium verrucosum

4. Clé d'identification des principales graminées

Comparativement aux dicotylédones qui sont relativement faciles à détecter dans une céréale, la présence des graminées est difficile à décerner vu la ressemblance morphologique entre la culture et les graminées qui lui sont associées. Cette tâche est encore plus délicate au stade plantule ou végétatif. L'observation est relativement facile dans une céréale semée au semoir qu'à la volée. En plus de leurs spécificités, certains herbicides exigent d'être appliqués à un stade très jeune (2-3 feuilles) des graminées à contrôler pour garantir une efficacité maximale. Pour ces considérations, la reconnaissance des plantules des graminées s'impose. Des observations minutieuses de quelques critères (origine de la plantule et caractéristiques de la feuille) (Photo 10) peuvent conduire à déterminer et à reconnaitre les espèces les plus fréquentes des céréales d'automne (Tableau 5).

Présence de ligule
Présence d'oreillettes

Présence de ligule
Absence d'oreillettes
Présence de cils

Présence d'oreillettes
Absence de ligule

Photo 10 : Principales caractéristiques de la feuille d'une graminée.

Tableau 5 : Critères d'identification des principales graminées associées aux céréales

Origine de la plantule	**Préfoliaison**	**Oreillettes**	**Ligule**	**Pilosité**	**Espèce correspondante**
Repousse	Pliée	Absentes	Absente (poils)	Légèrement poilue	*Cynodon dactylon*
Germination	Enroulée	Absentes	Présente	Totalement poilue	*Bromus rigidus*
				Cils sur marges du limbe	*Avena sterilis*
				Glabre	*Phalaris brachystachys*
					Phalaris minor
					Phalaris paradoxa
		Présentes	Présente	Légèrement poilue	*Hordeum murinum*
				Glabre	*Lolium multiflorum*
	Pliée puis Enroulée	Présente	Présente	Glabre	*Lolium rigidum*
	Pliée	Absentes	Présente	Glabre	*Poa annua*
				Cils sur les marges du limbe et le long des nervures	*Vulpia geniculata*

La présence des semences sur le système racinaire des plantules déterrées aide ainsi à bien distinguer les espèces (Photo 11). Les photos illustratives des principales graminées associées aux céréales figurent sur la planche 3.

Dans le cas des alpistes (Phalaris), la semence (caryopse) est d'un secours précieux pour départager entre les trois espèces : pas d'écailles à la base du grain pour *P. paradoxa*, présence de deux petites écailles pour *P. brachystachys* et une seule écaille pour *P. minor*. Comparativement aux deux autres alpistes, *P. minor* a des racines avec pointes rouges qui laissent des traces (semblables au sang) sur un papier blanc. L'avoine stérile peut aussi être distinguée par la torsion (sens contraire des aiguilles de la montre) des premières feuilles. Quant aux plantules de ray-grass (*Lolium* sp), elles ont des feuilles à face inférieure luisante ou brillante. Des feuilles arquées ou en crochet facilitent la reconnaissance rapide du pâturin annuel (*Poa annua*). La vulpie se rapproche plutôt d´un ray-grass chétif et d'un pâturin. L'observation de la présence de cils en marge du limbe et également le long des nervures permettrait d'écarter toute confusion avec les deux graminées.

Photo 11: Plantules avec semences de l'avoine stérile (à droite) et de la luzerne polymorphe (à gauche)

Planche 3 : Adventices graminées

Cynodon dactylon

Bromus rigidus

Avena sterilis

Phalaris brachystachys

Phalaris sp.

Lolium sp.

Hordeum murinum

Poa annua

Vulpia geniculata

CHAPITRE VI : Biologie et écologie des principales adventices

1. Flore adventice globale

Après l'identification des composantes de la flore adventice (ou du moins les espèces les plus importantes) vient l'étape de la connaissance des éléments clés de leur biologie et écologie qui est un préalable pour toute opération de désherbage. C'est une étape très importante qui permet d'abord de comprendre la présence d'une ou d'un groupe de mauvaises herbes dans un endroit ou une période donnée, et par conséquent, de choisir l'outil (méthode) et le moment d'intervention. Sans entrer dans les détails spécifiques, les aspects suivants caractérisent la flore adventice des cultures :

- Grande influence du type du sol (texture) plus que le climat (température et précipitations) sur la répartition ou la distribution des espèces,
- Variation de la durée de vie (ou cycle de vie). Les annuelles accomplissent leur cycle vital en une année ou parfois moins, les bisannuelles en deux ans et les vivaces/pérennes ont besoin de plus de trois années,
- Production abondante de semences (Tableau 6) et grande capacité de régénération végétative,
- Diversification et efficacité des moyens de dissémination de la diaspora,
- Grande longévité des semences (au sens large) enfouies dans le sol (Tableau 6). La viabilité observée est maintenue par les phénomènes de dormance,
- Grande plasticité de la croissance des plantes, selon les conditions du milieu et la période de levée. Ce qui rend difficile l'appréciation de l'individu,
- Levée au champ échelonnée et dépend de plusieurs facteurs : exigences de la germination et la levée, type de sol, profondeur d'enfouissement (la majorité des mauvaises herbes émergent à 5 cm de profondeur) et la dernière façon culturale (brûlage, labour etc..),
- Stock semencier important et inépuisable puisque moins de 10% lève chaque année.

Tableau 6 : Production grainière et longévité des semences de quelques adventices

Espèces	Graines/ plante	Longévité (années)
Bromus sterilis	150-300	1-2
Polygonum convolvulus	100-1000	22
Sinapis arvensis	50-250	35
Chenopodium album	1000-5000	40
Amaranthus retroflexus	>40000	40
Papaver rhoeas	20000-40000	40
Anagallis foemina	250-500	60
Polygonum aviculare	500-1000	60
Stellaria media	250	500
Spergula arvensis	7500	1700

L'action isolée ou combinée de ces caractéristiques détermine la période d'apparition d'une adventice dans un champ, chaque fois que le sol est perturbé et/ou une pluie (ou irrigation) est survenue. Ainsi, nous avons les mauvaises herbes qui lèvent en automne (automnales) et dont la dormance est levée par la chaleur de l'été, les hivernales dont la dormance est levée par le froid, les printanières dont la dormance est levée par le froid mais la température du sol doit dépasser 10°C, les estivales dont la dormance est induite par le froid hivernal et enfin les espèces indifférentes qui germent et lèvent toute l'année. Les levées automnales et dans une certaine mesure celles de l'hiver sont à craindre car elles touchent directement le rendement des céréales. Par contre les levées printanières affectent principalement l'exécution de la moisson et la qualité des produits récoltés. Quant aux levées estivales, pratiquement elles n'ont pas d'effet sur les céréales mais posent le problème de nuisibilité potentielle.

Contrairement aux dicotylédones, les graminées adventices ont des ressemblances morphologique et physiologique avec les céréales. Ceci rend leur gestion dans une culture de céréales relativement délicate. Ainsi, la connaissance de certains aspects de la bio-écologie des principales graminées est nécessaire pour assoir les bases d'une bonne gestion, et par conséquent, bien maitriser cette catégorie d'adventices si compétitive.

2. Principales graminées

2.1. Avoine stérile

Cette avoine comprend deux sous-espèces (*Avena sterilis* L. *ssp. macrocarpa* (Moench) Briquet *et A. sterilis* L. *ssp. ludoviciana* (Dur.) Gill et Magné) difficiles

à distinguer au stade végétatif. La première sous-espèce fournit presque la totalité des infestations (Photo 12).

Photo 12: Champ du blé infesté par l'avoine stérile

Etant une plante annuelle, la multiplication et la conservation de l'avoine stérile sont assurées par la graine (caryopse). Un pied pourrait produire entre 80 et 240 graines viables avec trois types de graines par épillet. La première graine, plus basse et grosse que les deux autres, est responsable de la première germination ou infestation du champ l'hiver suivant. Les graines occupant la deuxième et la troisième position sont physiologiquement immatures, plus dormantes et ne germent que plus tard. Presque la totalité (87%) des graines chutent et quittent le pied mère avant la récolte des céréales. Les graines restantes sont disséminées par la moissonneuse batteuse, le lot de semences et la paille. Les graines enfouies dans le sol restent viables et dormantes pendant 4 à 7 années ce qui provoque des germinations échelonnées et rend le contrôle de l'avoine stérile relativement délicat. La température et l'humidité influence beaucoup la dormance et/ou germination. Avec un zéro de germination de 5°C et une température optimale de 10°C, l'avoine stérile germe tout le long de la période septembre –février. Des germinations et levées sont observées à des profondeurs qui dépassent 25 cm.

Les plantules issues d'une germination à 12-15 cm de profondeur sont aussi vigoureuses que celles provenant de la profondeur optimale (3-4 cm). En général, la levée de l'avoine stérile suit à quelques jours près celle de la céréale tout en accusant un retard dans la croissance et développement par rapport au blé. Ce retard est maintenu jusqu'au stade début tallage. Au stade épiaison, l'adventice prend le dessus et dépasse la céréale. L'avoine stérile est très répandue et présente dans tout le Maroc non désertique et infeste tous les sols avec une préférence pour les sols fertiles et profonds tels que le sol argileux (tirs). Elle est aussi rencontrée sur les sols sablonneux pourvus d'une pluviométrie ou hygrométrie assez élevées. En plus des terrains arables des plaines, l'adventice est présente dans les basses et moyennes montagnes, mais elle cède la place à d'autres avoines surtout *Avena alba* en haute altitude.

2.2. Brome

Quatre espèces du brome sont les plus fréquentes et abondantes dans les champs de céréales au Maroc : *Bromus rubens* L., *B. madritensis* L., *B. sterilis* L. *et B. rigidus* Roth. La dernière espèce (le brome raide ou rigide ou encore grand brome) est reconnue être la plus nuisible et la plus répandue dans toutes les régions céréalières (Photo 13).

Photo 13: Champ du blé infesté par le brome rigide

L'invasion observée est expliquée par la diminution et/ou la simplification des interventions culturales, la pression de sélection exercée par les herbicides non efficaces sur le brome et enfin la grande capacité de production et de dissémination des graines. En effet, un pied de brome produit entre 200 et 300 graines. Dans les conditions du Saïss, le brome raide arrive à produire 51256 graines /m^2. Ceci dépasse de loin 200 à 300 graines du blé semées par mètre carré. La dissémination des graines est assurée par les machines agricoles les animaux surtout les ovins et les lots de semences des céréales contaminés. Les semences du brome ont une faible dormance innée ou primaire et perdent rapidement leur viabilité avec la profondeur d'enfouissement. Ces graines peuvent rester viables pendant 2 à 3 ans lorsqu'elles sont en dormance forcée (absence de facteurs de germination). La germination du brome est beaucoup influencée par l'âge de la semence, la profondeur d'enfouissement, la lumière et l'humidité du sol. En général, la levée du brome est importante pendant les automnes humides et s'échelonne le long du cycle végétatif du blé. L'optimum de germination est observé à une profondeur de 5 cm. Les semences enfouies profondément (plus de 15 cm) germent mais ne lèvent pas. Les bromes montrent une grande adaptation aux conditions de sècheresse. Ils se développent dans les zones bioclimatiques subhumides et semis arides recevant plus de 250 mm de précipitations sur les sols légers non profonds mais bien drainés.

2.3. Ray-grass

Deux espèces sont généralement rencontrées dans les champs des céréales au Maroc, ray-grass rigide ou ivraie raide (*Lolium rigidum* Gaudin) et ray-grass d'Italie (*Lolium multiflorum* Lam.). La première espèce reste la plus importante et la plus abondante dans les champs des céréales (Photo 14). Le ray-grass rigide est une plante herbacée annuelle dont la dissémination et la conservation se font par la graine. Une production de 250 à 3000 graines par plante (31000-45000 graines/m^2) pourrait être observée selon les conditions du milieu. La dissémination des graines est assurée par les machines agricoles les animaux et les semences contaminées.

Les graines produites ont une dormance innée et nécessitent une période de post maturation pour germer. La levée de dormance est accélérée par les conditions chaudes et humides. La température optimale de germination des graines enfouies dans le sol est de 11°C contre 27°C pour les semences localisées à la surface du sol. La profondeur optimale de germination est de 2 cm et le taux de germination diminue avec la profondeur. Les semences placées à profondeur de 10-15 cm perdent leur viabilité en deux ans. Presque 60 à 80 % des germinations ont lieu

après les premières pluies automnales. L'espèce est caractérisée par une grande variabilité génétique qui lui permet de s'adapter à des conditions climatiques, édaphiques et agricoles (résistance à plusieurs herbicides de modes d'action différents) très différentes.

Photo 14: Champ du blé infesté par le ray-grass rigide

2.4. Alpistes

Trois espèces sont fréquentes ou présentes dans les champs des céréales au Maroc, alpiste à épi court (*Phalaris brachystachys* link), petit alpiste (*P. minor* Retz) (Photo 15) et alpiste paradoxal (*P. paradoxa* L.).

Etant des plantes annuelles, la graine joue un rôle déterminant dans la multiplication et la conservation de ces espèces. Ainsi, un pied de *P. minor* produit entre 200 et 9000 graines selon la vigueur de la plante et les conditions du milieu. Une production de 3500 - 21000 graines /pied est aussi notée chez *P. paradoxa*.

Photo 15: Champ du blé infesté par petit alpiste

Les semences n'ayant pas chuté sont disséminées par les machines agricoles, les lots de semences de céréales contaminés ou la paille. Les semences produites ne sont pas ou peu dormantes mais ont besoin d'une période de post-maturation pour atteindre le maximum de germination. Les semences fraîchement produites ont une faculté germinative de 50 à 100% selon l'espèce. L'enfouissement des semences pourrait induire une dormance secondaire qui les maintient viables dans le sol durant quelques années (2 à 7ans). Les germinations sont automnales et hivernales. La grande infestation des céréales est causée par le contingent qui lève après les premières pluies d'automne. Le maximum de germination vient des semences situées à une profondeur du sol de 2,5 - 5.0 cm. Au delà de 10 cm, les graines d'alpiste ne germent pas. Une température comprise entre 8 et 20°C est considérée optimale pour la germination. Les alpistes se développent dans les zones bioclimatiques subhumide et humide sur plusieurs types de sol fertiles avec une préférence pour les sols argileux et argilo-limoneux dans le cas de *P. paradoxa* et *P. brachystachys*. *P. minor* supporte l'anaérobie. L'effet allélopathique du *P. minor* sur le blé a été signalé ailleurs.

2.5. Pâturin annuel

Le pâturin annuel (*Poa annua* L.) est une petite plante annuelle herbacée (2- 40 cm de hauteur) dont la dissémination et la conservation se font par la graine (Photo 16).

Photo 16: Champ du blé infesté par le pâturin annuel (Gharb)

Une production de 500 à 7000 graines par plante est notée selon le biotope infesté. Même, un pied de 0,5 cm de hauteur (après fauchage) peut produire jusqu'à 360 graines. La dissémination des graines est assurée par les machines agricoles, les animaux, l'eau, le vent et les lots de semences contaminés. Ainsi, un sol peut contenir un stock de semences de 200000 graines/m^2 ayant une viabilité de 6 ans. Avec une très faible dormance des graines, le pâturin annuel a une période de levée préférentielle très large et son cycle est généralement bouclé en moins de 3 mois. A noter que les graines tombées au sol peuvent germer au cours des 8 jours suivants leur chute. La température optimale de germination des graines enfouies dans le sol est de 15 – 20°C. La profondeur optimale de germination est superficielle (95% entre 0 et 1 cm) avec une profondeur maximale de 2 cm. Contrairement aux autres graminées, le pâturin annuel a un taux annuel de décroissance du stock semencier d e 38 à 45%. Ceci qui signifie que le labour

n'est pas un levier agronomique efficace pour réduire l'infestation de cette graminée. L'espèce est caractérisée par une grande variabilité génotypique et phénotypique que qui lui permet de s'adapter à des conditions climatiques, édaphiques et agricoles très différentes. Ainsi, le pâturin annuel se développe préférentiellement dans les milieux perturbés ayant un sol tassé (piétiné) et humide. Cependant, il ne tolère pas les sols très acides.

2.6. Orge des rats

Cette orge désigne un complexe de trois sous espèces difficiles à distinguer morphologiquement : *Hordeum murinum ssp. murinum* Briq., *Hordeum murinum ssp. leporinum* (Link) Arcang. (=*Hordeum leprorinum* Link) et *Hordeum murinum ssp. glaucum* (Steud) Tzvelev. La deuxième sous-espèce est la plus répandue au Maroc (Photo 17).

Photo 17: Champ du blé infesté par l'orge des rats

L'orge des rats est une annuelle qui se reproduit par graines. Il produit 19 à 29 semences par épi avec un taux de viabilité qui peut dépasser 92% et une dormance primaire éphémère, induite par la chaleur d'été, mais pourrait être levée normalement par une baisse de température automnale. La dissémination des semences produites est assurée par le vent, les animaux (oiseaux, bétail et fourmis) et les produits végétaux contaminés. Les premières pluies sont nécessaires et indispensables pour l'imbibition des graines qui germent au bout de 3 à 9 jours. L'orge des rats germe durant toute la période allant d'octobre à janvier à une température oscillant entre 8 à 33°C (aussi bien à la lumière qu'à l'obscurité) et à un pH du sol compris entre 5 et 8,25. En général, la presque totalité des semences germent durant la première année et les semences ont tendance à germer superficiellement et même à la surface du sol. Ainsi, l'enfouissement profond des semences entrave ou empêche carrément leur émergence. L'orge des rats croit sur une gamme de sols allant du sol argileux au sol sableux avec une préférence pour les sols à texture fine à moyenne, fertiles (mais à faible teneur en phosphore) et bien drainés. L'adventice pourrait être rencontrée à une altitude de 30 à 2750 m et sous une pluviométrie variante entre 250 à 500 mm. Le froid d'hiver est nécessaire pour l'induction florale et la phase de floraison s'étend de mars à juillet. Comparativement à d'autres graminées, l'orge des rats est caractérisée par une germination précoce et une croissance rapide.

2.7. Vulpie genouillée

La vulpie genouillée (ou vulpia géniculée ou vulpie géniculée) (*Vulpia geniculata* (L.) Link) est une mésothérophyte ou tout simplement plante annuelle qui se reproduit par graines (Photo 18).

Elle peut produire jusqu' à 1000 semences par pied ou 50 000 à 500 000 semences/m^2. Dans le cas d'une très forte infestation, cette production pourrait dépasser facilement un million de semences/m^2. Les semences produites ont besoin d'une phase de post-maturation de 2 à 3 mois. Presque la totalité des semences viables enfouies dans le sol germent la première année et une petite partie (<7%) reste viable et dormante jusqu'à trois ans dans le sol.

Photo 18: Champ du blé infesté par la vulpie genouillée

La dissémination des semences produites est assurée par le vent, les animaux, les machines et les produits végétaux contaminés (semences, paille et fourrages). Les premières pluies d'automne sont nécessaires et indispensables pour l'imbibition des graines qui germent au bout de 7 à 14 jours. La vulpie germe, d'une façon échelonnée, durant toute la période allant d'octobre à février à une température oscillant entre 10 à 30°C (aussi bien à la lumière qu'à l'obscurité). Mais, Il semble que les germinations sont plus favorisées par la lumière. En général, les semences ont tendance à germer superficiellement (profondeur optimale 0,5 à 2 cm) et même à la surface du sol. Ainsi, l'enfouissement profond (>5cm) des semences entrave ou empêche carrément leur émergence. Elle prospère sur les sols sableux, acides ou silico-argileux et faiblement fertiles et préfère les sols moins perturbés (céréale conduite en semis direct). Elle supporte même un peu du sel.

Page laissée vierge

DEUXIEME PARTIE

Gestion des mauvaises herbes des céréales d'automne

Page laissée vierge

CHAPITRE I: Techniques et méthodes de désherbage

Sous la pression des exigences des consommateurs et des défendeurs de l'environnement, les interventions de désherbage d'assurance et hâtives n'ont plus de place pour gérer un problème de mauvaises herbes dans une culture. Une gestion qui devrait garantir un désherbage de qualité et durable doit être fondée sur quatre piliers :

- Identifier les adventices problématiques de la parcelle ou de l'exploitation,
- Intégrer les techniques culturales dans la stratégie,
- Diversifier et alterner les modes d'action des herbicides,
- Respecter les techniques d'application appropriées ou les bonnes pratiques phytosanitaires.

1. Objectifs de désherbage

L'effet dépressif des mauvaises herbes sur la croissance et le développement, et par conséquent, sur le rendement des céréales n'est plus à démontrer. En outre, la lutte contre les mauvaises herbes associées aux cultures n'est pas un facteur de production, mais plutôt un moyen pour maintenir ou atteindre une productivité potentielle. Ainsi, toute opération de désherbage devrait avoir à court et à long terme les objectifs suivants :

- Installer la culture sur un sol propre dans le cas de semis direct,
- Limiter la concurrence des mauvaises herbes afin que la culture profite mieux des facteurs de la concurrence,
- Améliorer la qualité du produit récolté,
- Améliorer les conditions de réalisation de certaines opérations culturales,
- Améliorer l'état sanitaire de la culture,
- Limiter la ré-infestation des champs par les mauvaises herbes,
- Eradiquer toutes les mauvaises herbes. Mais ceci est très difficile à atteindre étant donné que la flore de la surface ne représente que moins de 10% du stock semencier dans le sol sans oublier le concours de plusieurs moyens de dissémination à l'approvisionnement de ce stock,
- Assurer une meilleure rentabilité et une durabilité du système de production.

Malheureusement, rares les agriculteurs qui arrivent à atteindre ces objectifs (ou du moins à long terme) et ce par l'absence ou manque d'un raisonnement fondé de l'opération du désherbage. En général, les exploitants ne cherchent que les solutions d'assurance et rapides pour régler momentanément un problème posé par une ou plusieurs mauvaises herbes.

2. Périodes de désherbage

D'emblée, il faut signaler que les céréales se caractérisent par un développement rapide de ses plantules et une forte densité du peuplement. Il en résulte généralement une bonne capacité de concurrence envers les mauvaises herbes. Cependant, une intervention pour éliminer la flore indésirable est inévitable. Dans le cas de semis direct ou de gestion de la résistance, une intervention avant le semis ou en pré-levée s'impose. Dans le reste des cas, des interventions en post émergence sont largement pratiquées. Avant le stade 3 feuilles de la céréale, il y a suffisamment d'espace et de sources de matière et d'énergie (lumière) au niveau du sol. Ainsi, à ce stade la nuisibilité des adventices est presque négligeable. La phase sensible des céréales s'étend du stade « trois feuilles » au stade « avant fin tallage ». Le désherbage de post émergence précoce, réalisé durant cette période, a pour objectif l'obtention d'un bon rendement de la culture, et par conséquent, une bonne valorisation des inputs. Plus l'intervention est précoce plus le gain du rendement est important (Figure 3).

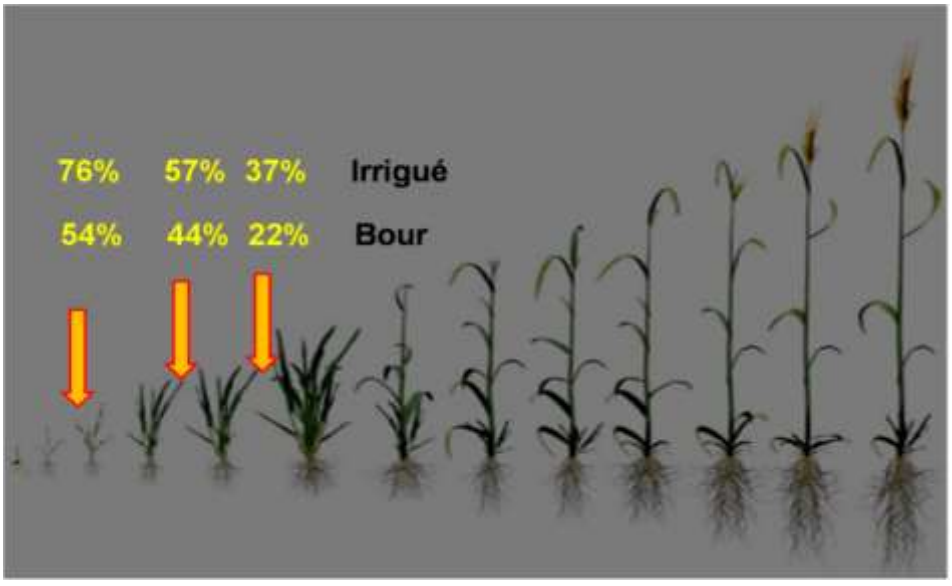


Figure 3: Augmentation du rendement du blé en fonction de la période de désherbage au Gharb

Les interventions ultérieures (désherbage de post émergence tardif) quant à elles ont pour objectif, essentiellement, de rattraper toute opération ratée, éliminer les entraves à la récolte, empêcher la mise à graines de mauvaises herbes problématiques ou détruire des adventices difficiles à combattre dans d'autres cultures de la rotation.

Bien que l'application des herbicides puisse se faire durant tout le cycle de la céréale, depuis ou même avant le semis jusqu'avant la récolte. Depuis la mise sur le marché marocain des herbicides utilisables aux premiers stades des céréales, les agriculteurs sont sensibilisés et incités à traiter leurs champs contre les mauvaises herbes précocement (du stade 3 feuilles à avant fin tallage) pour les raisons suivantes (Photo 19):

- La plus grande cohorte (ou contingent) de plantules de mauvaises herbes apparaît avant le stade tallage de la céréale,
- La présence des mauvaises herbes dans une céréale jusqu'au stade fin tallage pourrait réduire le rendement de 20%,
- Les mauvaises herbes sont plus sensibles aux herbicides au stade plantule ; plus les mauvaises herbes sont avancées dans leur cycle de croissance plus la dose recommandée de certains herbicides n'est plus suffisante pour avoir une bonne efficacité,
- Dans le cas où le traitement est raté, il est possible de rattraper par la suite,
- Dans le cas d'une phytotoxicité non prévue, la culture a suffisamment le temps pour se rattraper.

Photo 19: Stade idéal des adventices et de la culture pour le désherbage

3. Techniques et méthodes de désherbage

Avec le développement de la chimie organique après la seconde guerre mondiale, les herbicides ont pris une place de choix dans l'itinéraire technique de la céréaliculture. Effectivement, les herbicides ont rendu le désherbage plus efficace et plus rapide. Ainsi, la solution chimique est préférée par les exploitants mais elle commence à montrer ses limites actuellement. Il est temps de considérer les leviers agronomiques efficaces et/ou toutes les possibilités de lutte contre mauvaises herbes avant de se trouver dans l'impasse. Dans l'état actuel, les possibilités offertes peuvent être groupées en trois catégories sans perdre de vue les possibilités biologiques.

3.1. Techniques culturales

Les agriculteurs en général et les céréaliculteurs en particulier avaient des solutions pour lutter contre les adventices avant même la découverte des herbicides. Ils utilisaient les techniques culturales préventives et curatives et le désherbage manuel. Les techniques culturales qui sont utilisables avant l'installation de la céréale englobent l'acquisition de lots de semences propres et variétés compétitives, le choix de précédents culturaux nettoyants et la pratique du labour profond et de faux semis. Parfois, ces techniques sont suffisantes pour régler un problème posé. Ainsi, la jachère travaillée (gestion inter – cultures), sur un sol sablonneux dans un domaine céréalier à Sebâa Ayoun (Meknès) a permis de maitriser l'infestation du brome raide (Tableau 7).

Tableau 7 : Effet de la jachère sur l'infestation du blé par le brome raide

	Jachère travaillée	**Désherbage chimique**
Contrôle du brome (%)	92,5	72,5
Réduction de la densité (%)	98,0	91,3
Rendement grain (qx/ha)	29,4	19,1

3.2. Désherbage manuel

Le désherbage manuel qui consiste à arracher les mauvaises herbes à la main est une méthode ancestrale qui est encore utilisée dans les petites exploitations vivrières où l'élevage est important. Une étude a utilisé la digestibilité in vitro, les concentrations en protéines brutes, phosphore (P), potassium (K) et calcium (Ca) et le rapport Ca/P comme critères pour étudier la qualité fourragère de 26 espèces aventices fréquentes dans les champs du blé dans la Chaouia.

Elle a permis de démontrer que toutes les espèces analysées ont eu une qualité nutritionnelle comparable à celle de la luzerne, de la luzerne annuelle ou du mélanse vesce + avoine. Ainsi, il a été conclut que les adventices peuvent jouer un rôle important dans l'alimentation du troupeau étant donné que l'infestation en adventices n'est jamais monospécifique dans champ de céréales.

Malgré les aspects négatifs du désherbage manuel (retard, piétinement et cassure de la culture etc.), elle reste encore valable et utilisable dans la céréaliculture intensive. Effectivement, les mauvaises herbes non contrôlées par un herbicide ou une séquence d'herbicides sont éliminées manuellement surtout si le stade de la culture (au-delà du gonflement) ne permet plus l'utilisation d'herbicides. De même, les multiplicateurs de semences font appel au désherbage manuel dans l'opération d'épuration des plantes d'adventices et/ou d'autres variétés. Comme mesure préventive, tout individu de plante vu pour la première fois dans une parcelle (exemple de l'orge des rats) devrait être arraché et détruit avant sa grenaison.

3.3. Désherbage chimique

Le désherbage ou lutte chimique consiste à utiliser les herbicides pour éliminer la végétation indésirable dans une culture. C'est une méthode prometteuse et recherchée par les agriculteurs (Photo 20). La gamme d'herbicides homologués à l'échelle nationale permet à l'agriculteur un choix très diversifié mais pas toujours pour autant un choix plus facile si les considérations suivantes ne sont pas prises en compte :

- La nature des mauvaises herbes associées aux céréales (dicotylédones, graminées),
- La sélectivité vis-à-vis des céréales,
- La période d'application par rapport au cycle de la culture,
- Les conditions climatiques de l'année (avant, au moment et après traitement),
- La rémanence du produit dans le sol et son arrière effet sur les cultures subséquentes,
- Le niveau d'efficacité recherché,
- Le respect de l'alternance des herbicides à sites d'action différents dans le cas de soupçon de la résistance,
- Le prix de l'herbicide et sa disponibilité sur le marché.

Sur la base de ces éléments, l'agriculteur marocain dispose d'une gamme de choix d'herbicides composés d'une seule ou d'un mélange des matières actives pour

combattre les mauvaises herbes qui menacent sa céréaliculture. Ainsi, nous trouvons sur le marché une centaine d'herbicides anti-graminées, anti-dicotylédones et anti (graminées + dicotylédones). En général, c'est rare de tenir compte de tous ces éléments et parfois l'agriculteur fait son choix sur la base d'un seul «facteur » ou une considération. Toutefois, l'utilisation des herbicides reste une technique coûteuse, non garantie et menaçante à l'environnement, au manipulateur et au consommateur si les conditions d'utilisation de ces substances chimiques ne sont pas respectées. De ce fait, plusieurs raisons socio-économiques plaident aujourd'hui en faveur de l'utilisation raisonnée et rationnelle des herbicides afin d'optimiser les traitements justifiés, d'éviter les traitements inutiles (qualifiés parfois d'assurance), d'empêcher ou du moins retarder l'apparition du phénomène de résistance et de sauvegarder au maximum l'environnement menacé de plus en plus.

Photo 20: Opération de désherbage chimique du blé en post- levée dans la région de Meknès et de pré-levée dans la région du Tadla

Le désherbage chimique vise à obtenir une efficacité maximale qui se traduit par une destruction la plus complète possible des mauvaises herbes associées à la culture (Photo 21) , mais souvent le plus rapidement et durablement possibles. Cependant, viser une efficacité maximale n'est pas une chose facile à obtenir. En effet, mettre en œuvre un herbicide signifie travailler sur une mauvaise ou une

communauté de mauvaises herbes, dans une culture, avec un appareil de traitement et dans un environnement sol-climat donné. Ainsi, la réussite d'un traitement est hypothéquée par de nombreuses interactions intervenant entre ces divers facteurs. En définitif, l'obtention d'une efficacité recherchée et satisfaisante revient à utiliser l'herbicide qu'il faut, comme il faut et quand il faut.

Photo 21: Efficacité d'un herbicide anti-dicots sur le chrysanthème (à droite) et d'un herbicide anti-graminées sur le ray-grass (à gauche)

Page laissée vierge

CHAPITRE II : Techniques culturales de désherbage

Toute technique ou mesure non chimique qui pourrait améliorer la compétitivité de la céréale et réduire celle des mauvaises herbes est souhaitable. Parmi les plus favorables à la maîtrise de la flore adventice, les mesures préventives, le labour profond, les variétés compétitives, la rotation et le faux-semis. L'efficacité de ces différentes techniques culturales varie selon la nature des adventices cibles.

1. Mesures préventives

La prévention englobe toutes les mesures ou techniques ayant pour objectif d'empêcher l'introduction, l'établissement ou la dissémination d'une mauvaise herbe dans un milieu où cette espèce était absente. A l'instar de l'infestation des champs par la folle avoine des années 70, la moissonneuse-batteuse et les lots de semences contaminés ont joué un rôle dans la dissémination rapide des semences du brome à partir du Saïss vers les autres régions céréalières du Maroc, les années 90. Ce qui est inquiétant que les semences de cette espèce envahissante sont observées (avec des quantités qui dépassent les normes) dans des sacs de céréales portant le label « semence sélectionnée ». De même, l'introduction de *Centaurea diluta* (Zemmouria) dans une exploitation céréalière à Sebâa Ayoun (région de Meknès) a été faite via les semences du pois-chiche étant donné que les fruits (capitules) de l'adventice ont la même forme et taille que le pois-chiche. Actuellement, le problème de ray-grass résistant (aux herbicides de type Accase et ALS) est soulevé d'une façon inquiétante dans plusieurs régions. La circulation des lots de semences de céréales contaminés est indiquée de doigt. A côté de la lutte curative, la prévention constitue la deuxième composante d'une stratégie de désherbage. Ainsi, une surveillance de tout produit (semences, fumier, paille etc.), matériel, machine et animal est indispensable pour s'assurer de leur non contamination par tout organe de la mauvaise herbe responsable de sa propagation et dissémination.

2. Labour profond

Bien que les objectifs d'un labour profond soient multiples, le contrôle des mauvaises herbes reste un des objectifs recherchés et d'actualité. Effectivement ; il permet un retournement du sol, et par conséquent, un enfouissement des semences de mauvaises herbes. Ce brassage affecte directement ou indirectement la viabilité et/ou la capacité germinative de ces semences. C'est une technique très efficace dans la lutte contre les espèces caractérisées par une germination superficielle de leurs semences et un taux annuel de décroissance (TAD) du stock semencier supérieur à 74% comme le brome, le ray-grass et la vulpie. Un seul

labour profond a permis de réduire l'infestation de la vulpie genouillée de plus de 85% dans culture succédant un blé infesté. Des études conduites en irrigué au Tadla et en bour au Saïss ont démontré que les parcelles travaillées avec les séquences du travail du sol superficiel (généralement le covercrop) étaient plus infestées que celles travaillées profondément avec une charrue à disques ou à socs. L'infestation est encore plus importante dans les parcelles conduites en semis direct sans application d'herbicides avant l'installation de la céréale. Etant donné que la lumière joue un rôle dans la levée de dormance chez la majorité des espèces, le labour de nuit devrait être moins infesté que le labour du jour. Le labour profond est recommandable pour graminées associées aux céréales et pour diminuer l'effet résiduaire de certains herbicides persistant sur les cultures suivantes. En outre, il est recommandé d'effectuer un labour profond tous les 3-4 ans. Par contre, les labours fréquents donnent un effet inverse en remontant les semences viables enfouies les années précédentes.

3. Variétés compétitives

Le génotype joue un rôle très important dans le phénomène de concurrence entre une culture et les mauvaises herbes. Des études comparatives de la capacité compétitive des variétés du blé tendre, blé dur, orge et triticale vis à vis des mauvaises herbes (ou d'une adventice problématique) ont été réalisées au Maroc en bour et en irrigué. Ces études ont permis de montrer que la réaction des variétés des céréales vis-à-vis des mauvaises herbes est différente. Chez certaines variétés, l'infestation par les mauvaises herbes est réduite de plus de 50 %. Ainsi, les variétés hautes et ayant un tallage et un feuillage abondants sont agressives et méritent d'être considérées dans la conception d'une stratégie de désherbage. En outre, cette méthode a l'avantage d'être durable, économique et facile à adopter.

4. Rotation des cultures

Les effets bénéfiques de la rotation sont connus depuis fort longtemps par les agriculteurs. La rotation pourrait être un levier agronomique à exploiter en matière de lutte contre les mauvaises herbes. Elle consiste à perturber le cycle de développement des mauvaises herbes en diversifiant les cultures, et par conséquent, les techniques accompagnatrices des cultures choisies. L'alternance des cultures sur la même parcelle a plus d'effet sur les mauvaises herbes à germination automnale et hivernale que sur les espèces qui germent tout le long de l'année (espèces indifférentes). Plusieurs études ont démontré que la diversification (inclusion des cultures printanières, jachère travaillée etc.) et l'allongement de la rotation (plus de trois ans) donnent de meilleurs résultats et évitent la spécialisation de la flore adventice. Ainsi, le désherbage devrait être plus facile du fait que la gestion d'une flore adventice diversifiée est plus facile

que celle d'une forte infestation d'une seule espèce et que l'agriculteur dispose de plusieurs solutions chimiques à modes d'action différents en alternant les cultures. Cependant, le choix d'une telle rotation dépend de certaines contraintes techniques et économiques. D'ailleurs, si un problème de mauvaises herbes est difficile à résoudre dans une culture il faut tout de suite chercher la solution dans la rotation. L'exemple du brome n'est pas loin de nous puisque le problème est maitrisé ou au moins atténué au Saïss dans la rotation jachère travaillée/féverole/blé.

5. Faux semis

Le faux semis est une autre technique culturale à considérer surtout dans le cas de la résistance des adventices aux herbicides ou d'une infestation par une espèce assez proche à la culture sur le plan systématique et physiologique (surtout en absence d'herbicides sélectifs). Elle consiste à travailler le sol superficiellement (sur 5 cm de profondeur) pour favoriser la germination des mauvaises herbes et de les détruire (mécaniquement ou chimiquement) avant l'installation de la culture. Dans les régions où l'eau devient de plus en plus rare, l'utilisation des herbicides est recommandable pour conserver cette eau dans le sol au profit de la culture à installer. L'adoption de faux semis a permis de réduire l'infestation du riz sauvage de 85 % dans la culture du riz au Loukkos. L'humidité du sol et la finesse du travail du sol (outil de travail) sont deux facteurs importants pour la réussite de cette technique. Elle est plus efficace dans le cas d'adventices n'ayant pas de semences dormantes ou présentant une faible dormance (brome). Les fortes infestations nécessitent parfois 2-3 faux semis de même profondeur du travail du sol sans pénaliser la date de semis de la culture à installer.

Page laissée vierge

CHAPITRE III : Désherbage chimique

1. Herbicides utilisés dans les céréales

1.1. Herbicides de pré-semis et de pré-levée

Les herbicides mis en vente sur le marché national ont pour cible les dicotylédones et/ou les graminées et peuvent être utilisés en pré-semis, pré-levée et post-levée de la culture. Les traitements de pré-semis ou pré-levée sont beaucoup utilisés pour les céréales conduites en semis direct ou en irrigué (Tableau 8). L'utilisation des produits totaux (non sélectifs) à base du glyphosate, paraquat, diquat et glufosinate ammonium est fréquente en semis direct. Cependant, les produits contenant le glyphosate restent de loin les plus dominants en ce mode de conduite (Photo 22). Ils sont appliqués sur la flore adventice ayant levé avant l'installation de la culture. Parfois, ils sont combinés avec le semis.

Photo 22: Blé conduit en semis direct et traité en pré-semis avec un herbicide à base du glyphosate (Région de Sefrou)

Tous les herbicides de pré-levée exigent un sol bien travaillé non motteux et humide pour leur efficacité. Ainsi, ils sont utilisés ou recommandés pour désherber les céréales conduites en irrigué ou en bour favorable. Les herbicides contenant la pendiméthaline ne sont pas homologués au Maroc pour les céréales, mais ils permettent de contrôler le coquelicot résistant au 2,4D et aux herbicides de la famille des sulfonylurées. Cependant, il ne faut pas dépasser 1000 g/ha de matière active. Seulement, quatre herbicides sont homologués pour l'utilisation en pré-levée pour contrôler aussi bien les dicotylédones que les graminées dans le blé (Tableau 8). En outre, ces herbicides ont aussi l'avantage d'être recommandables pour gérer le problème du ray-grass résistants aux herbicides. Les herbicides à base du chlortoluron et triallate ont aussi un effet sur le brome. Le chlortoluron est aussi bien indiqué pour le contrôle de la vulpie.

Tableau 8: Herbicides de pré-semis et pré-levée utilisables sur céréales d'automne au Maroc (Index phytosanitaire Maroc, 2017 et Index phytosanitaire ONSSA, 2020)

Matières actives	**Herbicides**	**Dose /ha**	**Famille chimique**	**Spectre d'action**	**Sélectivité**
Traitements de pré-semis					
2,4 D + Glyphosate	Kyleo	3 L	Acides phenoxy-carboxyliques Glycines	Dicots Graminées	Non
Diflufenican + Glyphosate	Typhoon 290 SC	3 L	Pyridinécarbox-amides Glycines		
Diquat	Barclay Prol 200 Diqua Reglone	4 L	Bipyridiles		
Paraquat	Omniquat	2,2 - 4,5 L			
Diquat + Paraquat	Gramoxone Plus	4 L			
Glufosinate ammonium	Basta F1 Clean Facinate	3 L	Acides phosphoniques		
Glyphosate	Plusieurs	2-3 L	Glycines		
Saflufénacil	Heat WG	70 g	Pyrimidinediones	Dicots	

Tableau 8: (Suite)

Traitements de pré-levée					
Chlortoluron	Clortosi nt SC	3,6 L	Urées substituées	Graminées Dicots	Blé, Orge
Diflufenican Flurtamone Flufenacet	Vigon	0,5 L	Pyridinécarbox-amides Furanones Oxyacétamides	Dicots Graminées	Blé
Pendiméthaline	Plusieurs	2,2 - 3 L	Dinitroanilines	Dicots Graminées	Blé, Orge Triticale Seigle
Prosulfocarbe	Boxer	5 L	Thiocarbamates		Blé, Triticale et Orge
Triallate	Avadex Factor	3,6 L	Thiocarbamates	Graminées Dicots	Blé, Orge et Triticale

1.2. Herbicides de post-levée

➢ Contrôle des dicotylédones et des graminées

Après la levée de la céréale, les herbicides sont applicables en cours de végétation, avant et après la récolte de la culture (Figure 4). Pour contrôler les dicotylédones (dicots) et les graminées en un seul passage (one pass), 15 herbicides, dont 14 inhibiteurs de l'enzyme Acétolactate Synthase désignée par « ALS » (groupe B) et applicables au stade deux feuilles à fin tallage ou début montaison, sont homologués à cette fin au Maroc.

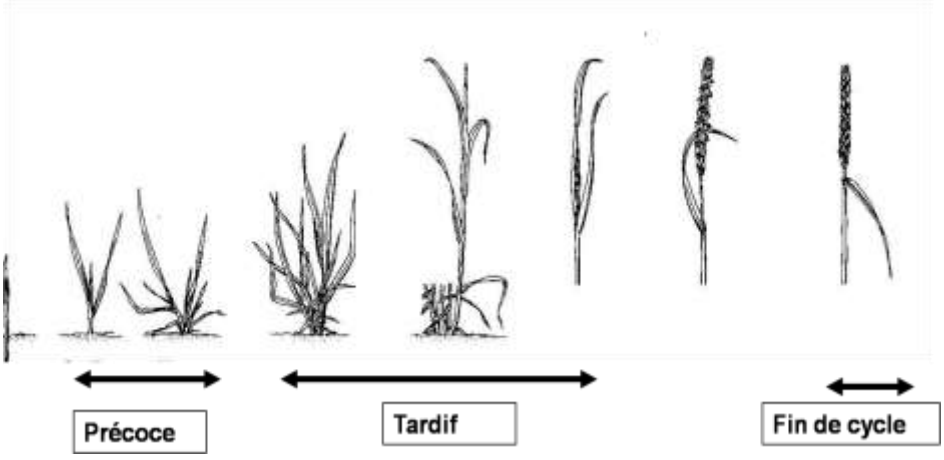


Figure 4: Périodes d'application des herbicides de post-émergence

Le tableau 9 donne la dose recommandée, le spectre d'action et le stade d'application de chaque herbicide. Deux herbicides n'ont pas d'effet sur le brome: Navigator et Swipe. Parmi cette gamme d'herbicides, Apyros est le seul herbicide qui ne contrôle pas le ray-grass et la folle-avoine. Tous ces herbicides sont recommandables pour le désherbage du blé et du triticale. Uniquement Navigator est utilisable pour lutter contre les graminées et les Dicots dans une culture d'orge. Selon nos observations sur le terrain, Sekator qui est homologué pour les dicots a aussi une bonne efficacité sur le ray-grass, la folle-avoine et les alpistes. A l'exception d'Evrest, aucun herbicide ne contrôle la vulpie genouillée dans une céréale. L'utilisation de Boxer en pré-levée ou un herbicide à base de la métribuzine (200 à 300 g/ha selon le stade de la culture) en post-levée, à partir du stade début tallage, sont recommandables pour cette fin (Photo 23). La métribuzine est aussi utilisée pour contrôler le brome dans le blé et l'orge. Pour les deux cultures, une attention particulière doit être prêtée à la variété utilisée car certaines sont sensibles et/ou ne tolèrent pas assez la métribuzine.

Les variétés du blé ayant une certaine tolérance à la métribuzine sont : Amal, Bandera, Faiza, Kanz et Marchouch pour le blé tendre, Karim et Kanakis pour le blé dur. Les variétés Amalou, Azarra et Oussama ont aussi une certaine tolérance dans le cas de l'orge. Bien que le pâturin annuel ne soit pas une graminée agressive, les agriculteurs désirant se débarrasser de cette espèce pourront utiliser tous les herbicides à base de l'iodosulfuron et/ou mesosulfuron comme Atlantis, Cossack, Kalenkoa, Othello, Sekator etc.

Photo 23: Contrôle de la vulpie avec la métribuzine dans un champ du blé. Partie gauche traitée et partie droite non traitée

Tableau 9: Herbicides anti- graminées et dicotylédones de post-levée utilisables sur céréales d'automne au Maroc (Index phytosanitaire Maroc, 2017 et Index phytosanitaire ONSSA, 2020)

Produits commerciaux*	Dose /ha	Spectre d'action (x)					Stade des céréales **
		Graminées				Dicots	
		Folles avoine	Alpistes	Ray grass	Brome		
Apyros 75 WG	26,6 g		x		x	x	2 F – M
Archipel OD	1.0 L	x	x	x	x	x	2 F - M
Atlantis	500g	x	x	x	x	x	2 F - FT
Atlantis OD	1,5 L	x	x	x	x	x	3 F - M
Clortosint SE	3,6 L	x	x	x		x	1 - 2 F
Broadway	320 g	x	x	x	x	x	DT - M
Broadway Star	320 g	x	x	x	x	x	DT - M
Cossack OD	1,0 L	x	x	x	x	x	2 F
Everest 70 WG	43 g	x	x	x	x	x	2 F
Floramix	320 g	x	x	x	x	x	DT - M
Kalenkoa	0,8 L	x	x	x	x	x	3 F - FT
Navigator	1,0 L	x	x	x		x	3 F - M
Othello	1,0 L	x	x	x	x	x	3 F - FT
Pallas 45 OD	0,5 L	x	x	x	x	x	2 F - M
Swipe	1,0 L	x	x	x		x	2 F - M

* : composition et matières actives sont données en Annexe 1

** : F : Feuille DT : Début tallage FT : Fin tallage M : Montaison

➢ Contrôle des graminées

L'utilisation des herbicides anti-graminées reste une pratique très limitée vu la superficie traitée chaque année. Ces herbicides sont plus utilisés dans les céréales conduites en intensif et/ou par les semenciers. Dans le cas où l'agriculteur décide d'éliminer les graminées, il dispose de 17 herbicides dénommés FOPs et DEN appartenant à la classe des inhibiteurs de l'enzyme Acétyl-Coenzyme A Carboxylase désignée par « ACCase » (groupe A) avec une dominance quasi-totale de la matière active « clodinafop-propargyl ». Cette matière active a l'avantage d'être sélective du blé jusqu'au stade floraison. Le tableau 10 donne la dose recommandée, les graminées sensibles ainsi que le moment d'application de chaque herbicide. Tous ces herbicides ne contrôlent pas le brome, la vulpie et le pâturin annuel. Mais ils contrôlent bien la folle-avoine, le ray-grass (non résistant) et les alpistes. En outre, quatre herbicides parmi la gamme ne contrôlent pas le ray-grass, Cordon, Fenoxethyl, Herbifort et Puma Super. Les herbicides anti-graminées commercialisés au Maroc sont utilisables dans le blé et le triticale.

Pour l'élimination des graminées dans une culture d'orge, l'agriculteur marocain pourrait utiliser deux herbicides : Axial 045 EC et Axial 050 EC. Une attention particulière doit être portée à la gestion du ray-grass qui a commencé à développer, ces dernières années, une résistance à ces 17 herbicides dans plusieurs régions céréalières du Maroc.

Tableau 10: Herbicides anti- graminées et de post-levée utilisables sur céréales d'automne au Maroc (Index phytosanitaire Maroc, 2017 et Index phytosanitaire ONSSA, 2020)

Produits commerciaux (PC)*	**Dose L/ha**	**Spectre d'action (x)**				**Stade des céréales**
		Graminées				
		Folles avoines	**Alpistes**	**Ray grass**	**Brome**	
Axoris ultra	0.75	x	x	x		2 Feuilles - Floraison
Axial 045 EC	1,0	x	x	x		2 Feuilles – Montaison
Axial 050 EC	1,0	x	x	x		
Brumby 80 EC	0,75	x	x	x		2 Feuilles – Floraison
Cordon	1,0	x	x			2-3 Feuilles – Montaison
Fenoxethyl	1,0	x	x			
Herbifort	1,0	x	x			
Pikto 080 EC	0,75	x	x	x		2 Feuilles – Floraison
Puma super	1,0	x	x			2 Feuilles – Montaison
Karneka	0,75	x	x	x		2 Feuilles – Floraison
Rubah	0,75	x	x	x		
Tallis 240 EC	0,25	x	x	x		
Topaxos	0,25	x	x	x		
Tiptop 240/60 EC	0,25	x	x	x		
Topik 080 EC	0,75	x	x	x		
Traxos 045 EC	1,22	x	x	x		3 Feuilles - Montaison
Traxos 050 EC	1,0	x	x	x		

* : composition et matières actives sont données en Annexe 1

➢ Contrôle des dicotylédones

L'élimination des espèces dicotylédones (plantes à feuilles larges) dans les céréales est une pratique adoptée fréquemment par les céréaliculteurs y'compris beaucoup de petits agriculteurs. Une gamme de 65 herbicides est mise en vente

ou homologuée (Tableau 11) pour gérer avec aisance tous les problèmes posés par les dicots dans le blé, l'orge et le triticale. En outre, cette catégorie d'herbicides fournit à elle seule les deux tiers des herbicides homologués pour cette filière au Maroc. Plus de 50% de ces herbicides anti-dicots sont des produits à base de phytohormones (2,4D, MCPA et dicamba) (Groupe O) qui sont utilisables à un stade avancé des céréales (mi-tallage – montaison). Les herbicides à base de 2,4D, sous forme de sels ou d'esters, dominent largement la gamme. Les herbicides inhibiteurs de l'ALS constituent la deuxième catégorie d'herbicides qui fournit le reste de produits anti-dicotylédones qui sont utilisables pour le désherbage précoce. Cette catégorie est largement dominée par deux matières actives, tribénuron- méthyle et metsulfuron-méthyle. Ces herbicides sont plus efficaces lorsqu'ils sont utilisés sur des plantules très jeunes. Tandis que les phytohormones ont l'avantage de contrôler les plantes plus développées. Ainsi, certains herbicides à base de 2,4D + MCPA sont utilisables au stade gonflement du blé. L'utilisation des phytohormones avant tallage et/ou après gonflement pourrait provoquer l'enroulement des feuilles et/ou la déformation et la stérilité des épis. Le tableau 11 donne la dose recommandée et le stade d'utilisation de chaque herbicide. Le mélange extemporané entre les herbicides des deux catégories est possible ou même pratiqué pour élargir le spectre d'action du traitement et réussir l'opération de désherbage. Comparativement aux phytohormones qui agissent rapidement sur les mauvaises herbes traitées, les herbicides inhibiteurs de l'ALS ont besoin d'une à deux semaines pour que leur effet soit observé. Bien que les phytohormones soient des herbicides très anciens, ils continuent à rendre des services appréciés en matière de désherbage. Ainsi, dans les grandes exploitations, les phytohormones sont utilisées, seules ou en mélange extemporané avec d'autres herbicides, pour contrôler les chardons, les centaurées et le liseron, gérer la résistance du chrysanthème aux ALS et faire des corrections de désherbage précoce (désherbage de rattrapage). Les produits à base de l'aminopyralide (Lancelot, lancelot neo et Mustang forte) sont recommandables pour contrôler le coquelicot résistant aux 2,4D et tribénuron-méthyle dans les régions ayant connu ce problème (Saiss et Tadla). Les céréales traitées avec l'un de ces trois herbicides ne devraient pas être suivies par une légumineuse dans la rotation. Homologué contre les dicots, Sekator OD a aussi un effet sur les graminées excepté le brome. L'arrivée des herbicides inhibiteurs de l'ALS sur le marché national, depuis les années 80, était une avancée technologique remarquable pour les raisons suivantes : matières actives très puissantes, utilisables en petites quantités (quelques grammes /ha) et efficaces sur les adventices difficiles à maîtriser ou qui échappent aux phytohormones classiques. Ainsi, la notion de « mauvaises herbes coriaces : *Astragalus boeticus, Emex spinosa, Galium tricornutum* et *Vaccaria pyramidata* » mentionnée dans

les normes de certification au laboratoire du règlement technique de la production, du contrôle, du conditionnement et de la certification des semences des céréales à paille n'est plus valable techniquement depuis l'arrivée de cette famille d'herbicides.

Tableau 11: Herbicides anti-dicotylédones homologués sur cérales d'automne au Maroc (Index Phytosanitaire Maroc, 2017 et Index phytosanitaire ONSSA, 2020)

Produits commerciaux*	**Dose/ha**	**Stade de la céréale recommandé (x)**					
		2-3 F	**DT**	**Mi-T**	**FT**	**M**	**G****
Adentis 75 WG	12,5 g	x	x	x	x	x	
Agrios 860	0,5 L			x	x	x	
Agroxone F	1,25 l			x	x	x	x
Al Fahd Mix	1,25 l			x	x	x	x
Aminopielek	1,25 L			x	x	x	
Aura	0,5 L			x	x	x	
Baton 600	0,75 L			x	x	x	
Bomba WG	12,5 g	x	x	x	x		
Calidicote	0,6 L			x	x	x	
Cereprane 480	0,5-0,75 L			x	x	x	
Cheval et lion	2,0 – 3,0 L			x	x	x	
Corida 75 WG	12,5 g	x	x	x	x		
Dam	1,0 L			x	x	x	
Damen	0,5 L			x	x	x	
Dales	30 g	x	x	x	x	x	
Deft	30 g	x	x	x	x	x	
Derby 175 SC	0,05 L		x	x			
Desormone	1,0 L			x	x	x	
Dialen Super SL	0,75 L		x	x			
Dicopur	0,5 L			x	x	x	
Dicostar	12,5 g	x	x	x			
Drass 860	0,5 L			x	x	x	
2 Kat	0,5 L			x	x	x	
El Afrit 200	2-3 L			x	x	x	
El Caoui 720 SL	0,6 L			x	x	x	
El Ghoul	1,0 L			x	x	x	
Fadel	1,0 L			x	x	x	
Granstar 75 DF	12,5 g	x	x	x	x		
Hdidane ultra	1,0 L	x	x	x	x	x	x
Herboxone Combi	1,0 L			x	x	x	x
Imbrator 72 SL	0,6 L			x	x	x	
Lancelot 450 WG	33 g	x	x	x	x	x	
Lancelot Neo	33 g	x	x	x	x	x	

Tableau 11: (Suite)

Lintur 70 WG	150 g	x	x	x	x		
Maton 600	0,6 L			x	x	x	
Mega 2,4D	0,5 L			x	x	x	
Mengel 24 EC	2,0 L			x	x	x	
Metro	30 g	x	x	x	x		
Metsy	30 g	x	x	x	x		
Mezzo	30 g	x	x	x	x		
Mustang forte	0,5 L	x	x	x	x		
Mustang 306 SE	0,6 L	x	x	x	x		
Netagrone 600	0,6 L			x	x	x	
Nuance	12,5 g	x	x	x	x		
Nautilus	30 g	x	x	x	x		
Poirot WG	12,5	x	x	x	x		
Primma Star	12,5	x	x	x	x		
Printazol 75	1,0 L			x	x	x	x
Procamba	0,5 L			x	x	x	
Quelex	60 g	x	x	x	x	x	
Rama SL	0,5 L			x	x	x	
Rasor 72 SL	0,6 L			x	x	x	
Sekator OD	0,15 L	x	x	x	x	x	
Selectone D55	1,0 L			x	x	x	
Skylla	12,5 g	x	x	x	x		
Starkem 60 WG	10 g	x	x	x	x	x	
Tornado SE	0,6 L	x	x	x	x		
Toro 720 SL	0,6 L			x	x	x	
U 46 Combi fluid	0,8 L			x	x	x	x
Vega 72 SL	0,6 L			x	x	x	
Volteo	12,5 g	x	x	x	x		
Yedester 225	2,0 L			x	x	x	
Zoom	150 g	x	x	x	x		

* : composition et matières actives sont données en Annexe 1

** : F : Feuille DT : Début tallage Mi-T : mi-tallage FT : Fin tallage
M : Montaison G : Gonflement.

➢ Herbicides de pré-récolte

Parfois, si l'année est pluvieuse ou les pluies sont survenues avant la récolte ou que l'opération de désherbage est ratée, une intervention tardive en fin du cycle avec des herbicides s'impose dans le cas de présence de mauvaises herbes au moment de la récolte (Photo 24). Cette opération a pour objectifs de dessécher les mauvaises herbes de fin du cycle, et par conséquent, faciliter la récolte ou

parfois de contrôler les vivaces. Malheureusement, aucun herbicide de pré-récolte n'est homologué au Maroc. A titre indicatif, les herbicides à base de 2,4 D, dicamba, glyphosate, diquat et saflufenacil sont recommandables pour cette fin dans plusieurs pays. Cependant, leur utilisation est sujette à certaines conditions et/ou restrictions en relation avec la destinée de la récolte (Tableau 12). Les produits à base du glyphosate sont plus indiqués pour lutter contre les vivaces avant ou même après la récolte. L'utilisation des herbicides de pré-récolte n'est pas une pratique totalement absente au Maroc. Lors de certaines années pluvieuses, des herbicides à base du glyphosate ou sulfosate ont été utilisés (depuis les années 90) dans quelques grandes exploitations marocaines comme par exemple les domaines de SOGETA à l'époque.

Photo 24: Champ du blé infesté par l'aneth des moissons ou Slili (*Ridolfia segetum*) au Gharb

Tableau 12: Herbicides de pré-récolte utilisables sur céréales

Herbicides (matière active)	**Cibles**	**Objectifs**	**Conditions d'application**	**Observations**
Glyphosate	Dicots et graminées Annuelles et vivaces	Dessiccation Contrôle	Stade grain pâteux Humidité du grain < 30%	Non utilisable pour la production de semences Paille utilisable pour le bétail
2,4D	Dicots	Dessiccation	Stade grain pâteux	Paille non utilisable pour le bétail
2,4D + Dicamba	Dicots	Dessiccation	Stade grain pâteux	Paille non utilisable pour le bétail

Tableau 12 : (Suite)

Dicamba	Dicots	Dessiccation	Stade grain pâteux	Faire un test de germination pour la semence
Diquat	Dicots et graminées	Dessiccation	Stade grain pâteux	-
Saflufenacil	Dicots annuelles	Dessiccation	Stade grain pâteux	Non utilisable pour la production de semences

2. Mode d'action des herbicides

2.1. Connaissance et utilité

Contrairement aux herbicides de contact, les herbicides systémiques agissent le plus souvent loin de leurs points d'entrée dans la plante. Ainsi, le mode d'action englobe tous les phénomènes qui concurrent à l'arrêt de croissance ou la destruction d'une plante traitée avec un herbicide auquel elle est sensible. Ils comprennent la pénétration de l'herbicide dans la plante, la métabolisation qu'il peut subir, la translocation (déplacement) vers son site d'action, son interaction avec sa cible biochimique et les conséquences physiologiques qui conduisent à la perturbation de la croissance ou la destruction de la plante. En plus du choix adéquat de l'herbicide et la méthode de son application, la connaissance du mode d'action des herbicides revêt également une importance particulière en permettant de connaitre les facteurs de réussite ou d'échec d'un traitement. De même, elle facilite le diagnostic en cas d'accident dus aux résidus d'herbicides dans le sol, à la dérive ou à une mauvaise utilisation. En outre, avec le développement des résistances des adventices aux différents herbicides et pour bien gérer ce phénomène, le comité d'action pour les résistances aux herbicides (Herbicide Resistance Action Committee : HRAC) a préconisé la classification des matières actives (herbicides) selon leurs sites d'action (cible) en leur attribuant une lettre par groupe (Tableau 13). La rotation ou changement des matières actives (de différentes familles chimiques) ayant la même lettre est une pratique inutile pour éviter ou retarder l'apparition de la résistance.

2.2. Au niveau cellulaire

La quasi-totalité des herbicides systémiques pénètrent dans la plante, par les feuilles ou feuilles et racines, où ils migrent pour atteindre cinq sites d'action dans les cellules : auxine, acides aminés ramifiés, acides aminés aromatiques, lipides et photosynthèse (Tableau 13). Uniquement, trois sites d'action constituent la cible biochimique de la presque totalité des herbicides utilisés sur céréales au Maroc.

Tableau 13: Mode d'action des principales familles chimiques des herbicides utilisés sur céréales d'automne

Famille chimique	Herbicide type	Code HRAC	Pénétration	Migration	Site d'action
Acides phénoxy-carboxyliques	Printazol 75	O	Foliaire	Systémique	Régulation de l'auxine
Acides benzoïques	Procamba	O	Foliaire	Systémique	
Acides pyridine carboxyliques	Hdidane Ultra	O	Foliaire et racinaire	Systémique	
Sulfonylurées	Cossack OD	B	Foliaire et racinaire	Systémique	Acides aminés ramifiés (valine, leucine et isoleucine)
Triazolopyrimidines	Pallas 45 OD	B	Foliaire et racinaire	Systémique	
Sulfonyl-amino-carbonyl-triazolinones	Everest 70 WG	B	Foliaire et racinaire	Systémique	
Aryloxyphénoxy-propionates (Fops)	Topik 080 EC	A	Foliaire	Systémique	Lipides (acides gras)
Phenylpyrazoline (Den)	Axial 045 EC	A	Foliaire	Systémique	
Glycines	Roundup Turbo	G	Foliaire	Systémique	Acides aminés aromatiques
Bipyridiles	Gramoxone Plus	D	Foliaire	Contact	Photosynthèse

Le premier groupe a pour cible l'auxine (groupe O) en perturbant l'équilibre hormonal normal qui régit la division et l'élongation cellulaires, la synthèse des protéines et la respiration. Le deuxième groupe d'herbicides a pour cible l'Acétolactate Synthase (ALS) ou Acétohydroxyacide Synthase (AHAS) (groupe B), enzyme impliquée dans la synthèse de trois acides aminés : valine, leucine et isoleucine. Le troisième groupe d'herbicides a pour cible cette fois-ci l'enzyme Acétyl-Coenzyme A Carboxylase (ACCase) (groupe A), impliquée dans la synthèse des lipides (acides gras). L'interaction entre les herbicides et les sites d'action finit par la désorganisation cellulaire. Ceci perturbe les fonctions vitales de la plante ce qui conduit inéluctablement à la mort ou la destruction de la plante cible traitée.

2.3. Au niveau de la plante

Sous l'effet des herbicides, la plante traitée manifeste des symptômes visibles et caractéristiques de chaque groupe d'herbicides. Ces symptômes peuvent être observés en quelques jours à quelques semaines selon la nature de l'herbicide, la

dose appliquée, la nature et le stade de la plante cible, les conditions pédoclimatiques et pratiques culturales (Photo 25). Généralement, les herbicides ayant le même mode d'action produisent les mêmes dégâts et/ou symptômes. Ainsi, il est facile de distinguer les symptômes d'herbicides ayant différents modes d'action que ceux des herbicides de même mode d'action (Tableau 14).

Photo 25: Phytotoxicité d'un herbicide de type ALS « one pass » sur blé

En général, les plantes annuelles qui absorbent rapidement les herbicides sont beaucoup plus sensibles aux effets des herbicides et montrent plus de symptômes de phytotoxicité. Par contre, les plantes vivaces ou pérennes tendent à absorber lentement les herbicides et à les diluer dans leur grande biomasse ce qui donne naissance à moins de symptômes ou de dégâts. En outre, ces plantes vivaces ont une grande et rapide capacité de détoxification, et par conséquent, elles peuvent souvent reprendre leur croissance.

Il ne faut pas croire que les herbicides sélectifs n'ont pas d'effets négatifs sur les cultures ou les plantes non cibles. Ces dernières peuvent manifester dans certaines conditions d'application une légère phytotoxicité mais généralement éphémère ou passagère sans répercussion sur le rendement final (Photo 26). Dans certaines circonstances, les dégâts peuvent être désastreux comme le cas des herbicides phytohormones appliqués à un stade des céréales non recommandé (avant tallage et entre gonflement et maturation) et les sulfonylurées sur une céréale soumise au

stress hydrique. De même, des symptômes similaires à ceux des herbicides peuvent être causés par d'autres facteurs biotiques (virus, champignons, bactéries, nématodes et insectes) et abiotiques (conditions du sol et climatiques). Ceci peut être une source de confusion et rend difficile le diagnostic sur le champ.

Tableau 14: Symptômes de l'effet des principales familles chimiques des herbicides des céréales d'automne

<table>
<tr><th rowspan="2">Famille chimique</th><th rowspan="2">Herbicide type</th><th rowspan="2">Code HRAC</th><th colspan="2">Symptômes observés</th></tr>
<tr><th>Dicots</th><th>Graminées</th></tr>
<tr><td>Acides phénoxy-carboxyliques</td><td>Printazol 75</td><td rowspan="3">O</td><td rowspan="3">Epinastie

Malformation des tiges et feuilles (Photo 27)
Gonflement et éclatement des tiges
Arrêt de la croissance apicale
Jaunissement et dessèchement</td><td rowspan="3">Malformation des racines
Fragilisation des tiges
Enroulement des feuilles (feuille d'oignons)
Déformation et stérilité des épis</td></tr>
<tr><td>Acides benzoïques</td><td>Procamba</td></tr>
<tr><td>Acides pyridine carboxyliques</td><td>Hdidane Ultra</td></tr>
<tr><td>Sulfonylurées</td><td>Cossack OD</td><td rowspan="3">B</td><td colspan="2" rowspan="3">Arrêt immédiat de la croissance
Nanisme ou rabougrissement (Photo 28)
Jaunissement suivi de dessèchement (Photo 29)
Pigmentation rouge – violacée (Photo 30)</td></tr>
<tr><td>Triazolopyrimidines</td><td>Pallas 45 OD</td></tr>
<tr><td>Sulfonyl-amino-carbonyl-triazolinones</td><td>Everest 70 WG</td></tr>
<tr><td>Aryloxyphénoxy-propionates (Fops)</td><td>Topik 080 EC</td><td rowspan="2">A</td><td rowspan="2">Aucun</td><td rowspan="2">Arrêt immédiat de la croissance
Jaunissement de la base des jeunes feuilles (Photo 31)
Flétrissement suivi de dessèchement
Pigmentation rouge – violacée (Photo 30)
Rétrécissement et pourriture mole de la base de la feuille apicale (Photo 31)</td></tr>
<tr><td>Phenylpyrazoline (Den)</td><td>Axial 045 EC</td></tr>
<tr><td>Glycines</td><td>Roundup Turbo</td><td>G</td><td colspan="2">Arrêt immédiat de la croissance
Jaunissement des jeunes feuilles
Flétrissement suivi de dessèchement
Pigmentation rouge – violacée ou violacée</td></tr>
<tr><td>Bipyridiles</td><td>Gramoxone Plus</td><td>D</td><td colspan="2">Apparition rapide de lésions aqueuses
Flétrissement suivi de dessèchement</td></tr>
</table>

Photo 26: Taches jaunes huileuses sur blé dues à la phytototoxité d'un herbicide de type ALS

Photo 27: Effet de (2,4D + MCPA) sur la centaurée pâle

Photo 28: Effet du pyroxulam sur une plante du brome (à droite) comparativement à une plante non traitée (à gauche) à 28 jours après traitement

Photo 29: Effet d'un herbicide de la famille des Sulfonylurée (ALS) sur la mauve

Photo 30: Effet d'un herbicide de type ALS sur le brome rigide (à droite) et sur le coquelicot (à gauche)

Photo 31: Effet d'un herbicide anti-graminées de type FOPs sur une graminée

Page laissée vierge

CHAPITRE IV : Bases d'utilisation raisonnée des herbicides

1. Conditions d'utilisation des herbicides

Les facteurs qui règnent avant et au moment du traitement et qui pourraient affecter l'efficacité des herbicides devraient normalement être maitrisés par l'agriculteur. Ainsi, la dose, le moment d'application, le réglage du pulvérisateur, la vitesse d'avancement, la pression, la qualité de l'eau, le choix des mélanges et d'adjuvants et le respect de certaines conditions climatiques de traitement sont à considérer au préalable avant de réaliser le traitement.

1.1. Qualité de l'eau de bouillie

L'application d'un herbicide peut être faite avec plusieurs méthodes. Mais, l'utilisation de l'eau reste le moyen universel le plus utilisé pour l'épandage et le transport des herbicides vers la végétation indésirable. En outre, l'eau est sa qualité sont extrêmement importantes pour la réussite du traitement. L'eau utilisée pour la préparation des bouillies de pulvérisation peut provenir d'origines différentes : puits, lacs, barrage, retenues, rivières, canaux de drainage, eaux usées etc.. Ceci aurait inéluctablement une influence sur les paramètres physico-chimiques de l'eau qui vont interférer avec ceux des herbicides. La quasi-totalité des herbicides homologués pour le désherbage des céréales d'automne appartiennent aux familles d'herbicides sensibles au moins à un paramètre de la qualité de l'eau. L'efficacité des herbicides est influencée essentiellement par les paramètres de la qualité de l'eau de bouillie suivantes : pH, Dureté, Alcalinité, Turbidité et Température.

- **pH de l'eau de bouillie**

Le potentiel hydrogène, communément connu sous le nom de « pH », permet de mesurer l'acidité ou la basicité d'une bouillie. Ce paramètre important peut être déterminé avec précision à l'aide d'un pH mètre ou tout simplement avec des bandelettes de pH pour indication. Il est compris entre 1 et 14. Le pH de l'eau pure à 25°C qui est égal à 7, a été choisi comme valeur de référence d'un milieu neutre. Ainsi, trois catégories de solutions ou milieux sont à distinguer : pH acide: 1-6 (Jus de citron : 2, Acide Chlorhydrique :1), pH neutre : 7 (Eau pure) et pH basique: 8-14 (Hydroxyde de Sodium: 14). La détermination ou la connaissance du pH d'une eau avant son utilisation pour la préparation d'une bouillie pourrait éviter les effets de ce paramètre sur la solubilité, la stabilité et l'absorption d'un herbicide.

Etant donné que la majorité des herbicides des céréales sont formulés sous forme d'acides faibles (dissociation partielle), ils sont beaucoup plus sensibles à la

variation du pH de la solution. En général, les eaux à pH acide (4-6) sont souhaitables pour les herbicides classés acides faibles. Vu l'impact direct du pH de l'eau utilisée pour la préparation de la bouillie de pulvérisation, il est recommandé d'ajuster le pH à un niveau qui garantit la meilleure sélectivité et le maximum d'efficacité du produit choisi. Cet objectif pourrait être obtenu par l'ajout d'adjuvants de type acidifiants ou l'acide sulfurique, ou l'acide phosphorique ou le sulfate d'ammonium. La quantité à ajouter nécessite que le manipulateur soit doté d'un pH mètre. Cet ajustement est impératif dans le cas où l'agriculteur a préparé sa bouillie à base d'un herbicide sensible à l'hydrolyse alcaline et contraignant de retarder de plus de 24 heures son application. A l'image des pluies acides, une eau trop acidifiée risque de brûler la végétation (culture et mauvaises herbes) avant l'effet de l'herbicide. La correction du pH de l'eau doit être apportée avant l'introduction de l'herbicide dans la cuve.

➢ Dureté de l'eau de bouillie

La dureté de l'eau ou titre hydrotimétrique indique généralement sa teneur en ions calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}). Parfois les ions fer (Fe^{2+}) et sodium (Na^{+}) sont aussi pris en considération. Elle est exprimée en mg/l, ppm ou en degré. Sur la base de la teneur en ces ions, l'eau peut être douce (75 ppm), à dureté modérée (75- 150 ppm), eau dure (150- 300 ppm) et eau très dure (> 300 ppm). Il existe plusieurs techniques pour connaître la dureté d'une eau, selon la précision recherchée. Le kit de bandelettes est une méthode rapide mais reste peu précise même en utilisant une échelle de dureté. Une astuce pratique et du terrain consiste à savonner les mains avec un détergent, si ça ne se mousse pas c'est que votre eau est dure ou très dure.

La dureté de l'eau réduit l'efficacité de certains herbicides, notamment ceux dont une partie, suite à la dissociation de la molécule, est chargée négativement. La réaction des herbicides à la dureté varie selon son type ou sa catégorie. Ainsi, 2,4D amine est affecté à partir d'une dureté de 500 ppm, Dimes et sulfonylurées à 400 ppm, Fops à 200 ppm et enfin le glyphosate à 150 ppm. Une eau dure ou très dure doit donc être corrigée pour optimiser l'efficacité du traitement. La réduction de la bouillie (donc réduction de la quantité des ions de la solution) ou augmentation de la dose du produit sont des solutions envisageables mais limitées. Bien qu'ils existent des adjuvants spécifiques qui permettent de corriger en partie la dureté de l'eau (jusqu'à 200 ppm), l'ajout du sulfate d'ammonium (engrais) reste la méthode la plus efficace et économique. En absence d'analyse de l'eau, l'ajout de 1 à 5 kg du sulfate d'ammonium (SA) par 100 L d'eau de bouillie est recommandable. L'analyse de l'eau permettrait à l'agriculteur d'apporter la quantité exacte selon la formule suivante : SA en g/100 L d'eau = $1[Ca2^{+}] + 1,7[Mg2^{+}] + 0,6[Na^{+}] + 0,3[K^{+}]$ avec les concentrations de ces ions

sont données en ppm. La correction de la dureté de l'eau doit être apportée avant l'herbicide. Non seulement les ions sulfates s'associent avec les ions calcium et magnésium et les empêchant ainsi d'interagir avec la matière active de l'herbicide, mais aussi ils gardent la cuticule (surface des végétaux) humectée, retardent le desséchement des gouttelettes contenant l'herbicide et enfin favorisent la pénétration ou l'absorption de l'herbicides.

➢ Alcalinité de l'eau de bouillie

L'alcalinité de l'eau est un autre paramètre à considérer mais pas avec le même degré d'importance que le pH et la dureté. C'est la mesure de la capacité d'eau à neutraliser les acides. L'alcalinité ou titre alcalimétrique complet (TAC) consiste à mesurer la présence des ions de dioxyde de carbone, de bicarbonate, de carbonate et d'hydroxyde qui sont présents dans l'eau. Au niveau normal du pH d'une eau, le bicarbonate (HCO_3^-) et le carbonate (CO_3^{2-}) sont les éléments qui contribuent le plus à l'alcalinité. Elle est exprimée en tant que concentration équivalente de carbonate de calcium ($CaCO_3$). Une appréciation de ce paramètre peut être faite avec des bandelettes de test colorimétrique.

L'alcalinité devient un problème pour certains herbicides (dimes et 2,4D et dans une certaine mesure le glyphosate) quand elle dépasse 300 ppm. Les herbicides à base de 2,4D amine sont affectés à une alcalinité > 500 ppm. Une eau avec une alcalinité élevée implique un pH > 7. Tandis qu'une eau à pH alcalin élevé ne signifie pas forcement que l'eau a une alcalinité élevée. A l'image de la dureté, l'alcalinité cause la conjugaison des molécules de charge différente en formant des complexes qui précipitent et /ou qui ne sont pas absorbables par les mauvaises herbes cibles. Ainsi, l'efficacité est inéluctablement réduite. L'alcalinité pourrait être aussi corrigée en utilisant des adjuvants spécifiques ou tout simplement en ajoutant le sulfate d'ammonium à l'eau de bouillie à utiliser. La correction de l'alcalinité de l'eau doit être ajustée avant l'ajout de l'herbicide à la cuve.

➢ Turbidité de l'eau de bouillie

La turbidité est une mesure de la limpidité ou de l'opacité de l'eau. Elle est due à la présence dans l'eau des particules minérales (argile et limon) ou organiques (végétales et animales) en suspension selon l'origine d'approvisionnement. Donc, la turbidité est un indice de la présence de particules en suspension qui troublent l'eau. Elle est déterminée à l'aide d'un néphélomètre (standard ou laser) ou turbidimètre. Des turbidimètres portatifs sont disponibles et peuvent être utilisés par les agriculteurs. Pratiquement, une appréciation de la turbidité d'une eau pourrait être faite en déposant une pièce de monnaie au fond d'une bouteille remplie avec cette eau. Si la pièce n'est pas visible à l'œil nu, c'est que l'eau est turbide.

La sensibilité des herbicides à la turbidité varie d'un herbicide à l'autre. Elle est déterminée par leurs Coefficients d'adsorption du carbone organique (Koc). Plus Koc est grand plus l'adsorption de l'herbicide est grande. En général, les herbicides qui sont composés du glyphosate, du paraquat et diquat sont beaucoup plus sensibles à la turbidité de l'eau de bouillie. Ainsi, 2,4D ester a un Koc de 24 ml/g, 2,4D amine 48, iodosulfuron 0,8–152, mesosulfuron 2,9–27, aminopyralide 2500, glyphosate 24 000 et paraquat 1 000 000. Ces deux matières actives sont beaucoup utilisées dans le semis direct des cultures en général et la dessiccation des mauvaises herbes juste avant la récolte des céréales. En plus de la réduction des performances du pulvérisateur (bouchage des buses, filtres et tuyaux), les particules en suspensions dans l'eau forment des complexes avec les herbicides (par phénomène d'adsorption), et par conséquent, réduisent leur absorption par les plantes traitées et par la suite leur efficacité sur les mauvaises herbes visées. La turbidité pourrait être corrigée avec un changement d'eau tout simplement ou avec l'un des procédés suivants : sédimentation, filtration, floculation et flottation. Le dépôt de poussière sur le feuillage des mauvaises herbes dans une parcelle de céréale à proximité des routes ou des pistes pourrait entrainer une turbidité de la bouillie interceptée par un feuillage poussiéreux (Photo 32). Une étude faite au Tadla avait permis de montrer que plus la quantité de poussière, déposée sur le feuillage de la morelle jaune, est importante plus l'efficacité du glyphosate est réduite (Figure 5).

Photo 32: Feuillage de la mauve et d'autres espèces couvert de poussière le long d'une piste

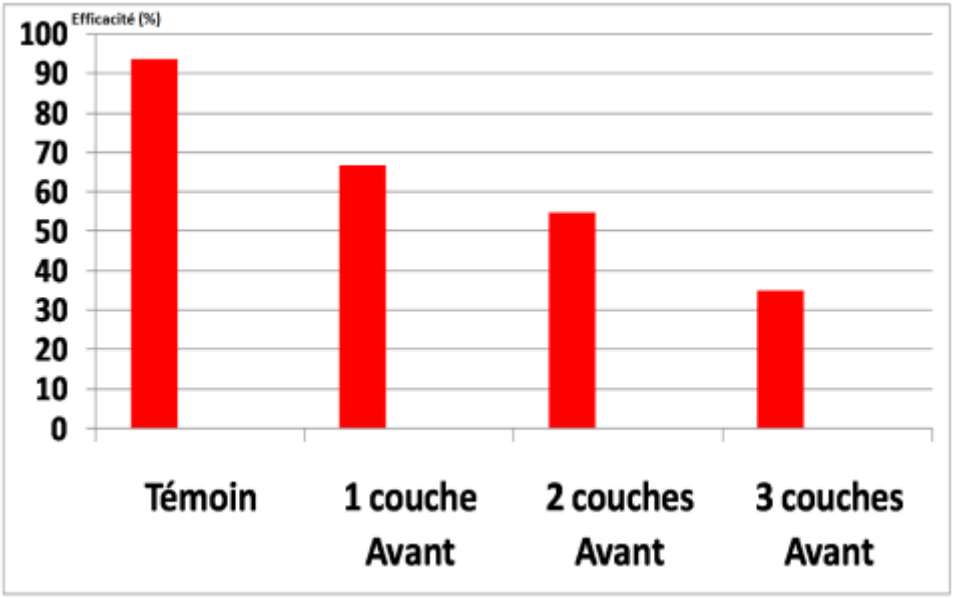


Figure 5 : Effet des couches de poussière déposée avant traitement sur l'efficacité du Glyphosate sur la morelle jaune au Tadla

- **Température de l'eau de bouillie**

La température, deuxième paramètre physique derrière la turbidité, affecte la solubilité des herbicides et influe sur le processus de dégradation (hydrolyse) de l'herbicide. Plus la température est élevée plus l'hydrolyse de l'herbicide est rapide. Les températures basses (si la citerne remplie d'eau d'approvisionnement passe la nuit à la belle étoile en hiver) réduisent la solubilité du produit herbicide, et par conséquent, l'herbicide précipite au fond de la cuve et par la suite le traitement est inefficace. Avec le réchauffement de la cuve au fur et à mesure de traitement, l'herbicide sera dissout complètement et l'agriculteur risque le surdosage et par la suite la phytotoxicité de sa culture. D'ailleurs, il arrive d'observer une inefficacité de traitement au début de la parcelle et une phytotoxicité à la fin de la parcelle traitée. Une étude américaine a montré que l'effet de la température de l'eau sur l'efficacité du glyphosate et du dicamba dépend de leurs doses et de la nature des espèces à contrôler et que les basses températures réduisent leur efficacité.

1.2. Utilisation des adjuvants

Les adjuvants sont des additifs apportés (par l'agriculteur) pour améliorer les performances d'un herbicide ou réduire sa dose. Cependant, ils ne devraient en

aucun cas remplacer les bonnes conditions de traitement. Ils sont des moyens d'optimisation des traitements phytosanitaires car ils permettent de lever les contraintes techniques imposées par des situations limitantes. Ainsi, trois avantages motivent les agriculteurs à mettre en œuvre les adjuvants extemporanés : avantages techniques (levée de facteurs limitants), technico-économique (régularité de l'efficacité, limitation de perte du produit, réduction de dose,) et technico-environnemental (limitation de la dérive, forte rétention sur la cible).

Généralement, les adjuvants peuvent être regroupés en deux grandes catégories : les adjuvants activateurs (mouillants, huiles et engrais azotés) et les adjuvants utilitaires (humectants, anti-dérives et acidifiants). La première catégorie améliore l'activité d'un herbicide, le plus souvent en augmentant l'absorption de l'herbicide par les mauvaises herbes traitées. Quant à la deuxième catégorie elle modifie les caractéristiques physico-chimiques de la bouillie afin d'élargir les conditions d'utilisation d'un herbicide.

Dans le processus de l'application d'un herbicide, les adjuvants activateurs et/ou utilitaires vont agir à trois niveaux différents : dans la cuve, à la sortie de la buse et au contact avec la surface de la plante traitée. En absence de toute recommandation du fabricant de l'herbicide, le choix de l'adjuvant à ajouter doit être fait sur la base de certains facteurs pour appliquer l'herbicide dans des conditions optimales et sécuriser l'efficacité de l'opération de désherbage chimique.

➢ Adjuvants utilisables au Maroc

Avec huit mouillants et quatre huiles, les agriculteurs marocains disposent de 12 adjuvants homologués pour améliorer les performances des herbicides choisis. Le type, la composition, les propriétés et la dose de ces adjuvants ainsi que les sociétés distributrices sont consignés dans le tableau 15.

Tableau 15: Adjuvants homologués au Maroc (Index Phytosanitaire Maroc, 2017 et Index phytosanitaire ONSSA, 2020)

Produits	**Composition (concentration)**	**Propriétés**	**Type**	**Dose /ha**	**Société**
Actirob B	Huile de colza estérifiée (842g/L)	Etalement, Pénétration	Huile	2,5 L	Bayer SA
Arado	Huile de colza estérifiée (636g/L)	Etalement, Pénétration	Huile	1,0 L	Promagri
Break Thru S 240	Copolymère polyéther-polyméthyl siloxane (765 g/L)	Rétention, Etalement, Pénétration	Mouillant non ionique	100 cc/hl	Amaroc

Tableau 15: (Suite)

Codacide oil	Huile de colza (95%)	Etalement, Pénétration	Huile	1,0 L	Agrimatco
Dash	Acide oléique (5%) Ester de phosphate d'alcools gras (22,5%) Esters méthyliques d'acides gras (37,5%)	Rétention, Etalement, Fixation, Pénétration Anti-dérive	Mouillant non ionique	1,5 L	Basf
Golden Mirowet	Nonyl phénol polyglycol ether (525g/L)	Rétention, Etalement	Mouillant non ionique	100 à 120 cc/hl	Alfachimie
Heliosol	Alcools terpéniques (665 g/L)	Rétention, Etalement, Fixation, Pénétration Anti-dérive Acidifiant	Mouillant non ionique	200 cc/hl	Almassiragri
Liberate	Lécithine de soja (488 g/L)	Rétention, Etalement, Pénétration Anti-dérive Acidifiant	Mouillant non ionique	1,0 L	Promagri
Seppic 11E	Huile blanche de pétrole (489 g/L)	Etalement, Pénétration	Huile	0,5 L	Agrimatco
Silwet Gold	Polyalkyleneoxide heptamethytrisiloxane (800 g/L)	Rétention, Etalement Anti-dérive	Mouillant non ionique	15 cc/hl	CPCM
Tenon	1-octyl-2-pyrrolidone (100 g/L)	Rétention, Etalement, Pénétration	Mouillant non ionique	50 cc/hl	Marbar Chimie
Transit	Lécithine de soja (355 g/L)	Rétention, Etalement, Pénétration Anti-dérive Acidifiant	Mouillant non ionique	0,5 L/hl	Arzak Seeds Trade

Les mouillants non ioniques sont au nombre de 8 et dominent les adjuvants. Ils sont d'ailleurs beaucoup utilisés et compatibles avec beaucoup de pesticides. Ils ont pour fonctionnalité commune l'augmentation de la rétention et l'étalement des herbicides pulvérisés sur les plantes cibles. En plus, d'autres fonctions telles que la pénétration, l'acidification et la limitation de la dérive sont offertes par les mouillants et varient d'un mouillant à l'autre. Trois huiles d'origine végétale et

une autre d'origine minérale constituent la catégorie des huiles commercialisées au Maroc. Ces huiles sont essentiellement utilisables pour favoriser l'étalement et la pénétration des herbicides. Elles sont utilisées dans le cas où les conditions de traitement sont difficiles (sécheresse, forte infestation) et elles sont recommandables pour les herbicides antigraminées de post-émergence. Il est à signaler que plusieurs adjuvants listés peuvent être aussi utilisables avec d'autres pesticides (insecticides et fongicides) et régulateurs de croissance.

Bien que la législation marocaine ne reconnaisse pas les engrais azotés et l'acide sulfurique comme additifs ayant des fonctions d'amélioration de l'efficacité des herbicides, ces produits sont largement utilisés par les agriculteurs. L'acide sulfurique est utilisé comme adjuvant utilitaire acidifiant. Cependant, le sulfate d'ammonium est utilisé en tant que correcteur de la dureté de l'eau, acidifiant et humectant. Les nitrates d'ammonium et l'urée pourrait être aussi utilisés comme adjuvants humectant.

➢ Critères de choix des adjuvants

Beaucoup d'agriculteurs ne sont pas familiarisés avec les adjuvants. Ainsi, il est très fréquent de se trouver dans des situations ou les retombés de l'utilisation d'un ou plusieurs adjuvants sont négligeables ou presque absentes. En cherchant les éventuelles causes de cette défaillance technique, on s'aperçoit que le recours aux services de l'adjuvant n'est pas du tout justifié ou le choix de son type n'était pas judicieux pour lever la contrainte technique observée. Effectivement, en absence de toute recommandation (du fabricant de l'herbicide) sur le prospectus de l'herbicide choisi, les agriculteurs sont livrés à eux même et tâtonnent. Parfois, ils trouvent la solution simple et rapide en imitant leurs voisins en achetant le même adjuvant. A l'instar des herbicides, le choix des adjuvants doit être fait et/ou raisonné sur la base de certains facteurs ou critères pour sécuriser l'efficacité d'un traitement phytosanitaire. Parmi ces facteurs nous citons :

- L'étiquette ou prospectus de l'herbicide : c'est la première base de sélection d'un adjuvant. Le fabricant inclue certains adjuvants (co-formulants) dans la formulation pour garantir la sélectivité et l'efficacité de l'herbicide. Ainsi, l'agriculteur peut s'en passer des additifs. Parfois, le fabricant peut recommander (pour certaines conditions) l'ajout d'un adjuvant spécifique ou un type d'adjuvant (mais sans précision) pour sécuriser le traitement,
- La flore adventice à contrôler : la nécessité d'ajout d'un adjuvant dépend de la mouillabilité des espèces et le port de feuilles. En général, l'adjuvant n'a pas d'intérêt pour les dicotylédones (mouillables et ont un port étalé). Par contre, il est recommandé pour

les graminées (peu mouillables à cause de leur pilosité) et ayant un port dressé,

- Le stade des adventices : plus le stade d'une plante est avancé, plus la pénétration de l'herbicide pulvérisé est défavorisée à cause de l'épaississement de la cuticule et/ou de développement des cires épicuticulaires à la surface des feuilles. Les huiles sont beaucoup indiquées comme adjuvants pour dépasser ce problème,
- L'herbicide utilisé : la composition chimique, la formulation et le mode d'action d'un herbicide sont déterminants quant au choix de l'adjuvant avec qui l'herbicide choisi sera combiné. Les herbicides de contact ont besoin des adjuvants qui augmentent leur recouvrement et leur rétention. Tandis que certains adjuvants sont déconseillés pour une catégorie d'herbicides. C'est le cas des huiles pour les phytohormones comme 2,4D, MCPA, Dicamba etc. à cause du risque de perdre la base de leur sélectivité,
- Les conditions pédoclimatiques : sont prises en considération celles qui règnent au moment et après le traitement. Souvent, les adventices sont soumises à un stress hydrique ou traitées dans des conditions climatiques qui ne sont pas optimales (température, humidité relative de l'air, vent etc.). Ainsi, l'utilisation d'un ou plusieurs adjuvants (huiles pour les plantes stressées, humectants pour une humidité faible et anti dérives dans les conditions ventées) s'impose pour lever la contrainte au traitement,
- L'eau de bouillie : la connaissance de la qualité de l'eau de bouillie (pH, dureté, alcalinité et turbidité) est nécessaire pour faire des corrections qui s'imposent avant de mettre l'herbicide dans la cuve. L'engrais à base de sulfate d'ammonium (21%) est bien indiqué pour corriger et stabiliser la qualité de l'eau à utiliser. Dernièrement, plusieurs agriculteurs utilisent systématiquement cet engrais pour réussir l'opération de désherbage,
- Le prix de l'adjuvant : c'est un facteur à considérer, surtout si l'agriculteur a le choix entre plusieurs adjuvants ayant la même fonction ou entre adjuvants ayant plus de matière active ou de services pour le même prix.

Souvent l'agriculteur est appelé à utiliser plusieurs adjuvants dans la même cuve pour résoudre plusieurs problèmes techniques qui pourraient hypothéquer le résultat final de l'opération de désherbage. Dans ce cas, le choix des adjuvants à ajouter n'est pas suffisant, mais l'ordre d'introduction des adjuvants est aussi très important et même parfois déterminant. Comme règle générale, il faut toujours

commencer par les adjuvants correcteurs de la qualité d'eau ou de compatibilité, suivis des mouillants et enfin des huiles.

1.3. Conditions pédoclimatiques

Il n'est plus à démontrer que les conditions pédoclimatiques jouent un rôle important dans la réussite d'une opération de désherbage chimique. Les exigences des herbicides utilisés dépendent de leurs modes d'action. D'emblée, il faut s'abstenir de traiter durant les jours à températures très basses et négatives et qui encadrent le jour de traitement. Quelques herbicides font l'exception de ce constat. En outre, les herbicides pourraient être agressifs vis-à-vis de la culture et/ou inefficaces sur la flore ciblée si l'amplitude thermique entre le jour et la nuit dépasse 15°C.

La préconisation de trois herbicides (Apyros, Evrest et Pallas) pour le contrôle du brome rigide, dans la région de Sefrou en 2012, a été un échec total. L'efficacité notée à huit semaines après traitement n'avait pas atteint 27% dans le meilleur cas (Tableau 16).

Tableau 16: Efficacité des herbicides de post-levée sur le brome rigide

Herbicides	**Dose/ha**	**Efficacité (%)**	
		Semaines après traitement (SAT)	
		4 SAT	**8 SAT**
Apyros + Mirowet	26,6 g + 50 cc/hl	3	26
Evrest + Mirowet	43 g + 50 cc/hl	5	5
Pallas	0,5 L	10	21

L'inefficacité observée est due essentiellement aux températures minimales et aux amplitudes thermiques qui régnaient quelques jours avant et après l'application des herbicides (Tableau 17). Etant donné que le vent agit surtout sur la trajectoire des gouttelettes par rapport à la surface du sol ou des plantes traités ou tout simplement sur la dérive, une vitesse du vent de 10 à 15 Km/h est conseillée pour la réussite de l'opération de désherbage. Le respect de ces conditions générales est nécessaire mais pas suffisant car il y'en a d'autres facteurs à considérer selon les types herbicides.

➢ Herbicides foliaires

Les herbicides auxiniques ou phytohormones (formulés sous forme de sel d'amine ou d'ester) sont beaucoup plus sensibles aux basses et hautes températures. Les basses températures réduisent leur mouvement dans la plante pour atteindre leurs sites d'action. Tandis que les hautes températures peuvent conduire à la phytotoxicité de la culture. La plage de température oscillant entre

10 et 25 °C semble être optimale pour ces herbicides. L'humidité relative de l'air (>60%) semble jouer un rôle positif sur l'efficacité des herbicides auxiniques surtout pour ceux formulés sous forme de sel d'amine.

Tableau 17: Températures enregistrées avant et après le jour de traitement

Ordre des jours	**Température (°C)**			
	Avant traitement		**Après traitement**	
	Minimale	**Amplitude**	**Minimale**	**Amplitude**
1	5	15	5	17
2	4	18	4	16
3	3	17	6	12
4	1	16	5	13
5	3	12	6	10

En général, l'efficacité des herbicides appartenant à la famille des sulfonylurées n'est pas influencée par le type du sol. Cependant, la température et l'humidité relative de l'air et du sol restent les facteurs déterminant pour l'absorption de ces herbicides par les feuilles. Le sol ne doit pas être sec et sa température doit dépasser 7°C. La température et l'humidité de l'air devraient dépasser 5°C et 70%, respectivement. L'utilisation des adjuvants tels que les mouillants non ioniques augmente l'efficacité des sulfonylurées.

Quant aux herbicides graminicides dénommés « Fops », « Dimes » et « Dens », leur efficacité est aussi affectée par plusieurs facteurs qui agissent seuls ou en combinaison. Le type du sol n'a pas d'effet, cependant un déficit hydrique pourrait accuser une réduction de l'efficacité de ces herbicides. En outre, une stagnation de l'eau à éviter avant et après le traitement. Les meilleures efficacités des graminicides sont aussi observées lorsque la température et l'humidité de l'air dépassent respectivement 5°C et 70%. Les gelés survenues dans les premiers cinq jours après traitement baissent ces efficacités. L'ajout des huiles est recommandable pour améliorer les performances des graminicides.

Les traitements en période de fortes rosées sont à éviter à cause du lessivage des produits, mais les faibles rosées (jusqu'à un mm ou 1000 l/ha) améliorent l'absorption de ces herbicides. Les herbicides solubles dans l'eau sont beaucoup sensibles aux pluies que les herbicides liposolubles. Pratiquement, si les gouttelettes de la rosée ne tombent pas, après avoir secoué quelques pieds des céréales, le traitement pourrait être effectué sans soucis.

➢ Herbicides résiduaires

Les herbicides appliqués au sol ou résiduaires sont utilisés en post-semis ou en post-levée précoce, juste avant la levée des adventices. Donc ces herbicides devraient se trouver dans le sol en contact des graines des mauvaises herbes ou leurs plantules avant leur levée. Ainsi, leur efficacité dépend étroitement en premier lieu des caractéristiques du sol (taux d'argile, taux de matière organique et humidité du sol) et en second lieu de la qualité du semis.

L'argile et la matière organique agissent sur la biodisponibilité de l'herbicide dans la solution du sol. Ainsi, un sol lourd (argileux) et/ ou riche en matière organique retient plus d'herbicides qui ne sont pas suffisamment libres pour être absorbés par les mauvaises herbes. Par contre un sol léger (sableux), presque toute la dose appliquée est bio disponible. Ainsi, la dose recommandée doit être ajustée ou modulée pour garantir l'efficacité et la sélectivité escomptées. En outre, la majorité de ce type d'herbicides (e.g. chlortoluron, pendiméthaline, prosulfocarbe et triallate) ont une sélectivité de position. Ainsi, pour éviter toute phytotoxicité des céréales, il n'est pas recommandable d'utiliser Vigon et Boxer sur des sols légers ou sableux et caillouteux.

Les herbicides appliqués au sol qui se trouvent dans la solution du sol sont absorbés principalement par les racines, l'hypocotyle ou le nœud du coléoptile (chez les graminées) durant la période entre la germination et la levée des adventices. Ainsi, une certaine humidité (5-15mm) pendant et après l'application de ces produits favorise leur efficacité, mais pas une saturation ou engorgement, doit être disponible dans le sol. Cependant, une forte irrigation (gravitaire) ou une pluie abondante risquent de casser la base de sélectivité de ces herbicides. Pour l'utilisation du Vigon, le fabricant recommande de retarder le traitement si de fortes pluies sont annoncées dans les 24h qui suivent. De même, des essais sur l'utilisation de Boxer en pré-levée à Nouasser et aux Doukkala ont permis de montrer une réduction du peuplement du blé suite à une abondance de pluies après traitement.

La réussite d'un traitement de pré-levée est aussi influencée par la qualité du semis. Les herbicides résiduaires exigent que le sol soit finement travaillé, sans mottes, sans résidus de récolte ou d'autres végétaux à la surface et que la semence des céréales soit profondément enfouie (plus de 2cm). En outre, la profondeur du semis devrait être régulière et uniforme. Dans l'essai de Nouasser, il a été remarqué que les semences non correctement enfouies ou se trouvant à la surface sont endommagées après traitement avec Boxer. Ceci avait pour conséquence une réduction notable du peuplement de la céréale. La couverture des résidus des plantes sur le sol ne devrait pas dépasser 30%, sinon la dose de l'herbicide

apportée serait réduite par le phénomène d'adsorption. Aussi, le sous dosage aurait inéluctablement réduit l'efficacité de l'herbicide.

1.4. Mélange extemporané des herbicides

Le mélange de deux ou trois herbicides dans la même cuve est devenu une pratique courante de désherbage chimique des cultures chez certains de nos agriculteurs. Certes, l'idéal c'est de choisir les herbicides dont la combinaison est la plus efficace sur la flore adventice cible et la plus sélective vis-à-vis de la culture. La pratique du mélange ne doit pas être systématique, elle doit être justifiée agronomiquement et économiquement. En pratique, les herbicides sont mélangés en absence de raisonnement et sans connaitre les conséquences possibles des interactions mises en jeu dans cette combinaison.

➢ Atouts des mélanges d'herbicides

La flore adventice des cultures au Maroc est très riche et diversifiée. Cette caractéristique a deux retombées sur toute opération de désherbage chimique : différence de sensibilité aux herbicides et variabilité intra et interspécifique des stades de croissance et développement. Parfois, le niveau de contrôle d'un seul herbicide n'est pas satisfaisant, et par conséquence, le recours à un autre produit ou une autre méthode de lutte s'impose pour atténuer l'effet négatif des mauvaises herbes sur la culture. C'est très fréquent de trouver un agriculteur qui fait le mélange d'un herbicide anti-dicotylédones et un autre anti-graminées. Effectivement, l'adoption de cette technique d'application des herbicides permet à l'agriculteur ou l'utilisateur de tirer (directement ou indirectement) les avantages suivants :

- Augmentation du spectre d'action et/ou la durée d'action de l'opération de désherbage,
- Amélioration de la sélectivité en réduisant les doses utilisées dans le mélange en comparaison avec la dose recommandée,
- Remplacement (ou reconstitution) d'un herbicide habituel et efficace qui n'est pas disponible sur le marché en cas de rupture du stock,
- Réduction des résidus d'herbicides aussi bien dans le produit récolté que dans le sol en utilisant des doses réduites,
- Réduction du coût de production en économisant le temps et la main-d'œuvre,
- Réduction de compactage du sol en réduisant certains passages de machines,
- Réduction de chances d'apparition de la résistance des mauvaises herbes aux herbicides.

➢ Types d'interaction entre les herbicides d'un mélange

Le mélange des herbicides dans la même cuve est basé sur la supposition que les herbicides choisis agissent indépendamment. En d'autres termes, la présence de l'un n'a pas d'effet sur l'action de l'autre. Dans ce cas, l'effet du mélange devrait être la résultante ou le cumul des actions des herbicides lorsqu'ils sont appliqués séparément. Malheureusement, dans beaucoup de situations, l'interaction entre les herbicides inclus dans le mélange peut modifier l'action biologique de chaque herbicide. Ainsi, la performance du mélange ne pourrait pas être prédictible à partir des performances de chaque herbicide. Comparativement à leurs effets séparés, l'effet des herbicides en mélange peut être additif, synergique ou antagoniste. L'interaction est dite additive lorsque l'effet du mélange est égal à la somme des effets séparés des herbicides qui le composent. On parle de synergie ou d'antagonisme lorsque cet effet combiné est respectivement supérieur ou inférieur à cette somme. L'effet combiné observé dépend de la dose de chaque herbicide, la période d'application et la période d'observation. Parfois, l'effet observé est passager et parfois il est persistant et désastreux. Pratiquement, l'antagonisme (efficacité réduite) signifie qu'il est nécessaire d'augmenter la dose de l'un ou des deux herbicides utilisés pour avoir l'effet escompté. Cependant, dans le cas de synergisme (efficacité augmentée) une réduction des doses recommandées des produits pourrait être envisageable. L'antagonisme est souhaitable dans le cas de réduction de la phytotoxicité du mélange sur la culture en comparaison à la phytotoxicité des herbicides appliqués séparément. Cependant, le synergisme n'est pas souhaité si la phytotoxicité du mélange dépasse celles des herbicides appliqués seuls.

➢ Mécanismes et facteurs d'interaction entre les herbicides

Les interactions mises en jeu entre les herbicides d'un mélange extemporané peuvent se produire avant, au moment et après l'application de la bouillie préparée. En d'autres termes, ces interactions peuvent être physique ou chimique dans la cuve ou biologique dans la plante traitée. Ainsi, les mécanismes d'interaction entre les herbicides peuvent être biochimique, compétitive, physiologique et chimique. Abstraction faite de la catégorie du mécanisme d'interaction, l'efficacité et la sélectivité (effet biologique) du mélange dépend de la quantité des herbicides qui arrivent, sous leurs formes actives, au niveau du site ou des sites où ils vont agir. Sur la base de cette considération, les interactions entre les herbicides qui composent un mélange utilisé peuvent être dues aux :

- Changement de la quantité d'un herbicide qui atteint le site d'action suite à l'action d'un autre herbicide sur l'absorption, la translocation et le métabolisme,

- Interaction au niveau du site d'action entre les herbicides combinés lorsqu'un herbicide du mélange empêche l'autre herbicide de se fixer sur un site d'action,
- Interaction entre les herbicides combinés qui agissent sur deux sites différents et qui produisent des effets opposés sur le même processus physiologique,
- Réaction chimique qui peut générer des complexes d'herbicides inactifs ou qui augmente leur métabolisation.

Dans certains cas, l'effet biologique observé du mélange est dû à l'implication de deux si non plus de mécanismes mentionnés ci-dessus. En général, la nature et l'importance des interactions entre les herbicides dépend de leurs propriétés (groupe chimique et mode d'action) et la nature des plantes traitées. Globalement, 75% des interactions sont de type antagoniste. La synergie est plus fréquente dans le cas où les deux herbicides appartiennent au même groupe chimique (même structure et mode d'action). Les herbicides appartenant à différents groupes chimiques ont tendance à favoriser les interactions antagonistes. De même, l'antagonisme est plus fréquent chez les espèces monocotylédones que chez les espèces dicotylédones et particulièrement chez les graminées, les composés et les légumineuses. Le stade phénologique des plantes traitées est un autre facteur à prendre en considération.

➢ Précautions d'usage des mélanges

La pratique du mélange ne doit pas être systématique, elle doit être dûment étudiée et justifiée sur des bases agronomique et économique. La réalisation d'un mélange reste sous la responsabilité de l'utilisateur et sous réserve de respecter les bonnes pratiques agricoles. Cette possibilité est offerte par quelques herbicides, cependant, il ne faut pas dépasser trois herbicides et toujours s'informer de leur compatibilité (agronomique, physique, biologique et chimique) en lisant leurs fiches techniques ou auprès des sociétés ou de distributeurs. Dans le cas où les herbicides sont incompatibles, des phytotoxicités et/ou des réductions de l'efficacité de l'un des herbicides pourraient être observées (Photo 33). Les compatibilités agronomique et physique sont relativement faciles et rapides à tester. La première consiste à vérifier la coïncidence des dates d'application des composantes du mélange avec le stade de la culture. Quant à la deuxième compatibilité, elle repose sur la miscibilité des produits à doses égales. Si le mélange préparé apparaît non homogène (présence de précipitations), il est recommandé de s'abstenir de cette pratique pour les produits testés. En général, la formulation des produits (forme physique sous laquelle la matière active et les adjuvants associés se présentent) est la cause principale de cette incompatibilité physique. D'habitude, le mélange des produits de même type de formulation ne

présente pas de problèmes. Cependant, une attention particulière doit être faite en mélangeant des herbicides présentés sous différentes formulations et en respectant l'ordre de leur introduction.

➢ Ordre d'introduction des herbicides du mélange

Parfois, l'ordre d'introduction des différents produits ou formulations peut hypothéquer la réussite du mélange, et par conséquent, l'opération de désherbage. La règle la plus simple est d'introduire les herbicides les moins solubles dans l'eau vers les plus solubles. Si la qualité d'eau de bouillie doit être corrigée, l'ajout d'un adjuvant correcteur devrait être fait avant l'introduction des herbicides. En général, l'ordre conseillé d'introduction des différents produits est le suivant : les produits ayant une action sur la qualité de l'eau, les formulations solides, les formulations liquides et les adjuvants (Tableau 18). Si jamais l'information n'est pas disponible ou un mélange n'est pas possible, il faut utiliser les herbicides séparément (en séquence) tout en respectant un délai de 8 à 10 jours entre leurs applications.

Pratiquement, Il faut commencer par remplir la cuve aux 2/3 d'eau du volume de bouillie souhaité et mettre l'agitateur en marche, puis introduire les produits selon l'ordre indiqué dans le tableau 19. Enfin, compléter le dernier tiers d'eau pour atteindre le volume souhaité. Dans le cas des formulations solides, attendre la dissolution complète d'un produit avant d'introduire un autre. En cas de nécessité ou de besoin d'ajout d'oligo-éléments ou d'engrais foliaire ceux-ci devraient être les derniers produits à introduire dans la cuve.

Photo 33: Phytotoxicité due au mélange de Pyraflufen éthyl et 2,4 D sur blé

Tableau 18: Ordre d'introduction des différentes formulations dans la cuve

Ordre	Formulation	Code
1	**Les produits ayant une action sur la qualité de l'eau**	
	Acidifiant, correcteur de dureté, Sulfate d'ammonium…	-
2	**Les formulations solides**	
	1. Les faibles doses (< à 100 g)	-
	2. Les sachets hydrosolubles	**WSB**
	3. Les granulés dispersibles	**WG**
	4. Les granulés solubles	**SG**
	5. Les poudres mouillables	**WP**
3	**Les formulations liquides**	
	1. Les suspensions concentrées	**SC**
	2. Les suspensions émulsions	**SE**
	3. Les émulsions aqueuses	**EW**
	4. Les suspensions huileuses	**OD**
	5. Les émulsions concentrées	**EC**
	6. Les liquides solubles	**SL**
4	**Les adjuvants**	
	1. Les mouillants	-
	2. Les huiles	-

2. Restrictions d'utilisation des herbicides

Une opération de désherbage réussie ne se limite pas uniquement au choix d'un herbicide et le respect des conditions qui garantissent sa bonne efficacité, mais elle devrait prendre aussi en considération un certain nombre de précautions afin d'éviter tout accident aussi bien pour les applicateurs que pour les animaux. Ainsi, il est recommandé de bien lire attentivement les étiquettes des herbicides choisis afin de les utiliser sans courir aucun risque avant, pendant et après traitement.

2.1. Respect de certains délais

Le délai de sécurité après l'application d'un herbicide ou délai de non-retour dans les champs traités est la période durant laquelle il est interdit aux personnels et/ou ouvriers de retourner dans la culture qui vient d'être traitée. Ce délai permet la dissipation de l'herbicide épandu et la protection des personnes contre tout genre

de toxicité. Il varie de 2 à 24 heures selon le produit (Tableau 19). Dans le cas ou ce délai de sécurité n'est pas indiqué sur l'étiquette ou la brochure de l'herbicide utilisé, il faudrait observer un délai minimum présumé de 12 heures. L'entrée dans la parcelle traitée avant le délai de sécurité exige le port du matériel de protection individuelle (combinaison, casquette, masque, gants, bottes etc.).

De même, une durée pendant laquelle il est interdit d'introduire des animaux dans le champ traité ou d'arracher les mauvaises herbes traitées pour l'affouragement du bétail est aussi déterminée pour chaque herbicide. Ce délai de réintroduction des animaux est donné dans le tableau 15. Il varie de 0 à 70 jours selon la composition et la formulation l'herbicide utilisé sur blé. Cette restriction change aussi selon le type d'animal. Ainsi, une distinction devrait faite entre le bétail d'embauche et le bétail laitier. En général, les délais pour la première catégorie sont inférieurs à ceux de la deuxième.

Un autre délai aussi intéressant porte une indication sur la durée minimale à observer entre la fin de traitement et l'arrivée des pluies ou l'apport d'une irrigation avec pivot ou asperseurs. Ce délai est beaucoup influencé par la formulation du produit. Dans le cas des phytohormones, les herbicides formulés sous forme d'esters résistent mieux au lessivage ou lavage par l'eau que les produits formulés sous forme de sels. De même, les produits récents et formulés sous forme de suspension huileuse (OD) ont besoin généralement d'une heure pour résister aux pluies survenues après traitement. Les herbicides utilisés sur les céréales nécessitent 30 mn à 8 heures pour assurer l'efficacité recherchée (Tableau 19). Un délai de 8 heures est à observer en cas d'absence d'information sur ce paramètre.

2.2. Respect de la succession des cultures

Les accidents des herbicides ne se limitent pas uniquement aux personnes et aux animaux, mais ils peuvent s'étendre aux cultures voisines (phénomène de dérive) et/ou aux cultures leur succédant sur la même parcelle (résidus). Effectivement, beaucoup de doléances ont été faites dernièrement par nos agriculteurs (surtout les betteraviers) sur l'arrière effet des résidus de certains herbicides des céréales sur les cultures subséquentes de la rotation. Une attention particulière doit être prêtée aux herbicides contenant dans leurs compositions l'une des matières actives suivantes : aminopyralide (Photo 34), flucarbazone, iodosulfuron, métsulfuron (Photo 35), mésosulfuron et sulfusulfuron (Tableau 19). D'ailleurs, il est recommandé d'utiliser ces molécules une fois par campagne agricole. Les principaux facteurs qui influent sur le taux de dissipation des herbicides dans un champ traité sont la dose, la période d'application, la quantité de pluies survenues

après traitement, la texture, le pH et le taux de matière organique du sol, etc. En général, les produits ayant une demi-vie faible posent mois de problème s'ils sont appliqués dans les conditions normales. Vu l'importance des résidus d'herbicide dans le sol, tout un chapitre est réservé à ce phénomène ou problème d'actualité dans le contexte marocain.

Tableau 19: Quelques restrictions d'utilisation des herbicides des céréales d'automne

Matières actives	**Herbicide type**	**Délai**			**Risque de résidus pour la rotation**
		Rentrée des personnes (heures)	**Rentrée des animaux (jours)**	**Avant pluie (heures)**	
Anti-dicotylédones					
2,4 D (sels et esters)	El Afrit 200	12	7 - 14	1 - 8	Non
Dicamba	Procamba	12 - 24	7 - 21	4 - 7	Oui
2,4 D + 2,4 MCPA	Printazol 75	12	7 - 14	4 - 8	Non
2,4 D + Dicamba	Dialen Super	12	7	8	Non
2,4 D + Florasulam	Mustang 306 SE	12	7 - 15	1 - 3	Non
Fluroxypyr	Hdiddane Ultra	12	7	1	Non
Metsulfuron-méthyle	Deft	12	0	2 - 4	Oui
Tribénuron - méthyle	Granstar 75 DF	12	3	4 - 5	Non
Aminopyralide + Florasulam	Lancelot Neo	12	7	1 - 3	Oui
Tribénuron – méthyle +Florasulame	Bomba WG	12	7	4 - 5	Non
Dicamba + Triasulfuron	Lintur 70 WG	12	14	4 - 6	Non
Thifensulfuron-méthyle + Tribénuron-méthyle	Nautilus	12	7 – 9	1 - 6	Non
Flumetsulame + florasulame	Derby 175 SC	12	15	2	Non

Tableau 19: (Suite)

Florasulame + Halauxifène-méthyle	Quelex	12	15	3	Non
Amidosulfuron + Iodosulfuron-méthyle	Sekator OD	12	28	2 - 8	Oui
Aminopyralide + Florasulame + 2,4 D	Mustang Forte	12	7	1 - 3	Oui
Anti-graminées					
Clodinafop-propargyl	Topik 080 EC	12	3	0,5 - 1	Non
Fénoxaprop-P-éthyle	Puma Super	12	25	1 - 4	Non
Pinoxaden	Axial 050 EC	12	7	0,5 - 1	Non
Clodinafop-propargyl + Pinoxaden	Traxos 050 EC	12	7	1	Non
Anti-dicotylédones + graminées					
Flucarbazone sodium	Everest 70 WG	12	56	1	Oui
Prosulfocarbe	Boxer 800 EC	2	70	1	Non
Pyroxsulame	Pallas 45 OD	12	7	2 - 6	Non
Sulfosulfuron	Apyros	12	0	4	Oui
Florasulam + Pinoxaden	Navigator	12	7	1	Non
Pyroxsulame + Florasulame	Floramix	12	7	1	Non
Iodosulfuron-méthyle + Mesosulfuron-méthyle	Cossack OD	24	28	4	Oui
Clodinafop-propargyl + Florasulam + Pinoxaden	Swipe	12	7	1	Non
Iodosulfuron-méthyle + Mesosulfuron-méyhyle + Diflufécanil	Kalenkoa	24	28	2	Oui

Photo 34: Effet résiduaire d'un herbicide à base d'aminopyralide sur la levée de la féverole dans la région de Sefrou

Photo 35: Effet résiduaire d'un herbicide à base de metsulfuron sur la levée de la betterave à sucre aux Doukkala (2020)

3. Gestion de la résistance aux herbicides

L'utilisation des herbicides pour éliminer les mauvaises herbes devient une méthode recherchée et utilisée d'une façon exclusive par les agriculteurs. Les herbicides assurent une lutte rapide, efficace et économique, et par conséquent, ils doivent être considérés comme des outils à préserver. En cas d'une utilisation non raisonnée et/ou abusive, il faut s'attendre au phénomène de la résistance qui les rendra inefficaces. Déjà à l'échelle mondiale, en 2020, 81 et 30 espèces associées aux cultures du blé et de l'orge respectivement, ont été déclarées résistantes aux herbicides utilisés sur ces cultures. Au Maroc, les doléances concernant ce phénomène ont été faites depuis 2000 avec la résistance du ray-grass (*Lolium rigidum*) aux herbicides antigraminées du type ACCases (Fops, Dimes et Den) et du coquelicot (*Papaver rhoeas*) aux herbicides anti-dicotylédones tels que ceux à base de 2,4 D et tribénuron-méthyle. Actuellement plus de 100 mille hectares sont touchés par ce phénomène dans les principales régions agricoles du pays.

3.1. Origine et développement de la résistance aux herbicides

La résistance aux herbicides est la capacité de survie et de reproduction qu'acquiert une mauvaise herbe après avoir été exposée (dans les bonnes conditions) à la dose d'un herbicide qui normalement devrait lui être létale. Deux hypothèses ont été avancées pour expliquer l'origine de ce phénomène. L'hypothèse la plus simple est que toute population de mauvaises herbes est susceptible de renfermer quelques individus naturellement résistants (avec une fréquence de 10^{-6} à 10^{-8}) avant toute utilisation de l'herbicide et les opérations de désherbage chimique ne font que sélectionner les individus résistants préexistants aux traitements (résistance naturelle). L'hypothèse alternative est l'existence d'individus non résistants naturellement mais ayant subi une mutation permettant de produire progressivement des individus résistants sous l'effet des traitements (résistance acquise). Dans ce cas, il s'agit d'une sélection progressive de la résistance. Tant que la pression de sélection est constante, élevée et identique, l'apparition de la résistance est inévitable. Ainsi, certains facteurs ou pratiques de conduite des céréales peuvent augmenter les chances d'apparition ou de développement de mauvaises herbes résistantes aux herbicides :

- La résistance risque d'apparaître lorsque la lutte chimique est utilisée comme méthode exclusive de désherbage,
- L'utilisation d'une façon répétitive du même herbicide ou le même groupe d'herbicides,

- La monoculture encourage souvent l'utilisation du même herbicide ou groupe d'herbicides,
- La rotation de courte durée (exemple betterave / céréales ou légumineuses / céréales),
- La résistance risque de se manifester parmi les mauvaises herbes annuelles qui produisent une quantité importante de semences (cas des chénopodes, des graminées etc.) ou/et plusieurs générations par saison de croissance (cas de pâturin annuel),
- La forte sensibilité des mauvaises herbes aux herbicides : plus l'espèce est sensible, plus la pression de sélection exercée par l'herbicide est forte,
- La résistance se manifeste rapidement souvent à l'égard des herbicides ayant un seul site d'action, très puissants et efficaces (cas des sulfonylurées (Photo 36) et les Fops et les Dimes (Tableau 20).

Les mauvaises herbes résistantes montent à graines et dominent tôt ou tard le peuplement à partir d'un stock semencier croissant. Parfois, ça demande de nombreuses années pour que l'agriculteur s'aperçoive qu'il a peut-être un problème de résistance. La présence de quelques individus ou d'une tache de mauvaises herbes ayant apparemment échappé aux mesures de contrôle peut constituer un signal d'alerte. Cependant, cette situation peut être parfois attribuable à une opération de désherbage ratée et dont il faut chercher les causes d'échec avant d'incriminer un herbicide de résistance (Photo 37).

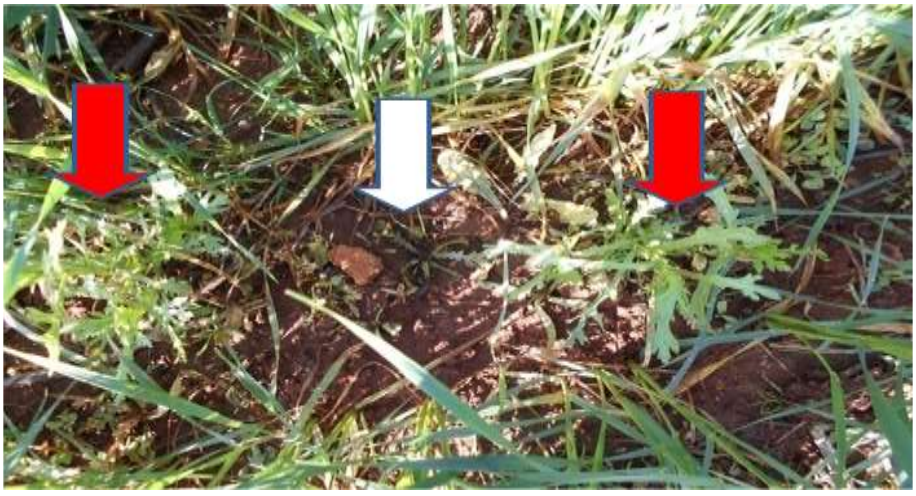


Photo 36: Plantes du chrysanthème sensible (flèche blanche) et résistant aux ALS (flèche rouge)

Tableau 20: Durée prédictive d'apparition de la résistance aux herbicides

Herbicides	**Durée d'utilisation**	**Risque de résistance**
Sulfonylurées	4 - 6	élevé
Fops, Den et Dimes	6 - 8	élevé
Triazines	15	moyen
Auxiniques (Phytohormones)	> 20	moyen
Paraquat/Diquat	> 15	moyen
Glyphosate	>12	moyen

Photo 37: Champ du blé traité avec un herbicide non efficace sur la centaurée

3.2. Types et mécanismes de la résistance aux herbicides

Généralement, deux types de résistance aux herbicides sont à distinguer, la résistance croisée et la résistance multiple. La résistance croisée apparait lorsqu'une plante est résistante à plus d'un herbicide ayant le même mode d'action et appartenant à une famille ou à différentes familles chimiques. Une plante possède la résistance multiple lorsqu'elle résiste à plus d'un herbicide ayant différents modes d'action. En Australie, le ray-grass est devenu résistant aux herbicides ayant neuf modes d'action différents. Les quatre adventices des céréales, déclarées résistantes au Maroc, ont affiché des résistances croisées et/ou des résistances multiples selon les régions touchées (Tableau 20).

Quant aux mécanismes de résistance aux herbicides, deux grands types sont aujourd'hui connus, la résistance liée à la cible et la résistance de détoxication (ou résistance non liée à la cible). Le premier mécanisme peut être causé par une mutation (ou altération) du site d'action qui se manifeste suite à la présence d'au moins une mutation sur le gène de la cible empêchant l'herbicide de se fixer sur sa cible (enzyme) ou à une amplification (surexpression) du site d'action due à une production importante de site d'action ce qui engendre une dilution de l'effet herbicide. Les plantes ayant ce mécanisme résistent presque à tous les produits ayant le même site d'action de la même famille chimique ou de différentes familles. Le niveau de résistance, dans ce cas, est généralement très élevé et peut atteindre 1000 (c'est-à-dire il faut 1000 fois la dose recommandée pour avoir l'effet). Le deuxième mécanisme est dû aux phénomènes qui empêchent l'herbicide d'arriver au site d'action sur la base d'une différence d'absorption, translocation ou métabolisation (dégradation) ou par phénomène de compartimentation ou séquestration d'où immobilisation de l'herbicide. Ce mécanisme est souvent non spécifique à des herbicides ou à une famille chimique. Les niveaux de résistance, dans ce cas, sont généralement moins élevés, mais suffisants pour que la plante manifeste une résistance à la dose recommandée**.** Dans le cas de la résistance liée au site d'action, la plante ne montre aucun symptôme après traitement. Par contre, dans le cas de la résistance par détoxication, la plante laisse apparaître des symptômes passagers mais poursuit sa croissance et son développement normalement.

3.3. Situation de la résistance aux herbicides au Maroc

La résistance aux herbicides a été développée par quatre adventices dans les champs de céréaliculture au Maroc : deux graminées (le ray-grass et l'avoine stérile ou folle-avoine) et deux dicotylédones (le coquelicot et le chrysanthème à couronnes) (Tableau 21). Le ray-grass a affiché une résistance croisée aux herbicides du type Fops et Dimes à partir de 2000 aux Doukkala et par la suite dans d'autres régions (Abda, Chaouia, Gharb, Saïss, Tadla et Souss).

Actuellement, des populations du ray-grass résistantes aux herbicides antigraminées de type Accases (Fops, Dimes et Den) sont présentes dans nos champs céréaliers (Photo 38). En 2010, cette graminée a fini par manifester aussi une résistance aux herbicides ALS aux Doukkala. Ainsi, cette mauvaise herbe a développé une résistance multiple aux Doukkala, Gharb, Chaouia et Tadla. Le ray-grass a actuellement développé une résistance croisée ou multiples à 14 sites d'action à travers le monde. Le coquelicot a développé d'emblée une résistance multiple vis-à-vis des phytohormones et ALS à Sefrou en 2000 et par la suite au

Tadla et à Meknès (Photo 39). Cette résistance a été aussi observée en Espagne, France, Italie et en Grèce. La résistance du chrysanthème à couronnes aux herbicides de type ALS est déclenchée dans trois sites localisés au Tadla et Saïss. Ce phénomène est supposé apparaître pour la première fois en 2010 à Oulad Zidouh au Tadla. Mais, la confirmation n'a été faite qu'en 2013 sur la base d'un essai comparatif des herbicides. Le deuxième cas a été observé dans la région de Sefrou en 2016 (Photo 40) dans une parcelle du blé conduit sous pivot et désherbé durant plus de 10 ans avec des herbicides ALS de deux familles chimiques (Sulfonylurées et Triazolopyrimidines). Des cas de résistance du Chrysnthème des moissons (*Chrysanthemum segetum*) ont été observés dans plusieurs régions mais ils restent non documentés ou datés (Photo 41). Le troisième cas a été détecté dans la région de Meknès en 2017sur une parcelle du blé conduit en bour et dont l'utilisation des herbicides ALS est très fréquente. L'avoine stérile a affiché une résistance croisée aux herbicides du type Fops en 2014 dans une seule localité sise entre Sidi Slimane et Meknès.

Tableau 21 : Type et chronologie d'apparition de la résistance aux herbicides dans les céréales au Maroc.

Espèces	**Région ou localité**	**Site d'action**	**Type de résistance**	**Année**
Ray-grass (*Lolium rigidum*)	Doukkala	Accase	Croisée	2000
	Gharb	Accase	Croisée	2010
	Tadla	Accase	Croisée	2010
	Chaouia	Accase	Croisée	2012
	Saïss	Accase	Croisée	2012
	Abda	Accase	Croisée	2014
	Souss	Accase	Croisée	2015
	Doukkala	ALS	Croisée	2010
	Gharb	ALS	Croisée	2016
	Chaouia	ALS	Croisée	2017
	Abda	ALS	Croisée	2017
	Doukkala	Accase et ALS	Multiple	2010
	Gharb	Accase et ALS	Multiple	2011
	Tadla	Accase et ALS	Multiple	2012
	Chaouia	Accase et ALS	Multiple	2017

Tableau 21 : (Suite)

Coquelicot (*Papaver rhoeas*)	Sefrou	ALS et Inhibiteur de croissance	Multiple	2000
	Tadla	ALS et Inhibiteur de croissance	Multiple	2003
	Meknès	ALS et Inhibiteur de croissance	Multiple	2017
Chrysanthème à couronnes (*Chrysanthemum coronarium*)	Tadla	ALS	Croisée	2013
	Sefrou	ALS	Croisée	2017
	Meknès	ALS	Croisée	2017
Avoine stérile (*Avena sterilis*)	Gharb	Accase	Croisée	2014

Photo 38: Champ du blé infesté par le ray-grass à résistance multiple (Feuilles brillantes) (Région de Berrechid)

Photo 39: Champ du blé infesté par le coquelicot résistant (région de Meknès)

Photo 40: Champ du blé infesté par le chrysanthème à couronnes résistant (région de Sefrou)

Photo 41: Champ du blé infesté par le chrysanthème des moissons résistant (région de Meknès)

3.4. Gestion de la résistance aux herbicides

La gestion des mauvaises herbes dans une culture suppose que quelque soit la méthode de lutte utilisée, les adventices vont finir par développer des caractères ou mécanismes d'adaptation à cette pression. Ainsi, maîtriser la résistance est tout d'abord une gestion planifiée à moyen et à long terme soutenue avec beaucoup de précautions, vigilance et un niveau minimal de technicité ou de savoir faire : connaissance des traits biologiques des principales adventices, caractéristiques des herbicides utilisés et atouts et faiblesses de toutes les méthodes de lutte disponibles ou permises.

➢ Précautions de gestion de la résistance

Un échec de l'opération de désherbage ne signifie pas forcément un problème de résistance. Ainsi, face à un désherbage chimique raté, il faudrait tout d'abord et avant d'incriminer la résistance aux herbicides, se poser certaines questions pour déterminer les causes éventuelles de cet échec. Ces questions devraient porter principalement sur l'herbicide (spectre d'action, dose, stade d'application), les conditions pédoclimatiques (avant, au moment et après traitement), la technique et le matériel d'application, En outre, les plantes qui apparaissent après l'application d'un herbicide non persistent peuvent fausser ce diagnostic.

Une fois la résistance est confirmée, il convient d'opter dès lors pour un herbicide de rechange auquel la mauvaise herbe n'est pas résistante. C'est une solution facile mais non durable. Effectivement, pour contrôler les premiers cas de résistance manifestée par le ray-grass et le coquelicot, nous avons utilisé des herbicides qui ont des sites d'action différents. La principale crainte soulevée par cette stratégie est de voir apparaître une résistance multiple, comme cela s'est produit aux Doukkala et Tadla avec le ray-grass. Actuellement, aucun herbicide de post-levée ne contrôle cette graminée.

➢ Vigilance et prudence

Lorsque la résistance est déclarée dans le voisinage ou dans la région, la réussite d'une gestion des adventices nécessite la présence d'un esprit de vigilance et de prudence afin d'empêcher (ou au moins retarder) l'apparition ou l'introduction de la résistance dans un champ ou une exploitation. Il est fort connu que la dissémination des adventices se fait essentiellement par le biais des lots de semences contaminés, le fumier, l'eau d'irrigation, les machines, les animaux et le vent. Les graines du laiteron maraîcher (*Sonchus oleraceus*) et de vergerette du Canada (*Conyza canadensis*) peuvent être transportées par le vent sur une distance de 2 km. De même, une étude australienne a permis de prouver que le vent transporte le pollen du ray-grass résistant pour polliniser des plantes du ray-grass sensible se trouvant à une distance de 3 km. En outre, le pollen des graminées pourrait rester viable dans l'environnement jusqu'à trois heures. Cette fécondation donne inéluctablement des populations résistantes sans qu'elles ne soient pas produites sur place. La capacité d'estimer ou d'anticiper les risques des principales composantes de la flore adventice d'un champ est une autre facette de la vigilance. Bien que le nombre d'espèces résistantes au Maroc soit faible, il est important de connaitre quelles sont les espèces qui pourraient développer une résistance dans le futur proche. Sur la base des données collectées à travers le monde par le comité d'action pour les résistances aux herbicides HRAC, il faut d'emblée admettre que nos champs céréaliers sont sous la menace de 21 autres espèces (8 graminées et 13 dicotylèdones) parmi les adventices considérées préoccupantes pour notre céréaliculture et déclarées résistantes ailleurs dans le blé et l'orge (Tableau 22). Uniquement, les herbicides largement utilisés pour le désherbage des céréales au Maroc sont pris en considération.

➢ Mesures chimiques provisoires

Dans le cadre des rotations biennales (céréales/betterave et céréales/légumineuses) pratiquées par nos agriculteurs, la gestion du ray-grass et du coquelicot résistants aux herbicides devient une opération très délicate car ces adventices ont développé une résistance multiple à tous les herbicides anti-graminées de post levée pour le ray-grass et la majorité des herbicides anti-dicots pour le coquelicot. Ainsi, l'application du Boxer, Clortosint, Triallate et Vigon

en pré-levée du blé restent les seuls herbicides homologués et commercialisés pour contrôler les populations du ray-grass résistant (Tableau 7) (Photo 42). Bien qu'elle ne soit pas autorisée sur céréales au Maroc, la pendaméthaline peut aussi jouer sélectivement ce rôle. Les herbicides dont leurs compositions contiennent l'aminopyralide (Lancelot 450 WG, Lancelot Neo et Mustang Forte) sont les seuls herbicides de post-levée commercialisés pour la lutte contre le coquelicot résistant dans les céréales (Photo 43). La pendiméthaline (1000 g/ha) en pré-levée du blé a été aussi utilisée avec succès, en grande échelle dans la région de Sefrou, pour maîtriser l'infestation de ce coquelicot. Dans une exploitation de la région, cet usage est devenu systématique depuis plusieurs années sous les pivots où la céréale est prévue.

Tableau 22 : Espèces ayant développées la résistance aux herbicides utilisés dans les céréales à l'échelle internationale

Espèces*	**Herbicides (Code HRAC)**			
	Type Accase (A)	**Type ALS (B)**	**Auxiniques (0)**	**Glyphosate (G)**
Graminées				
Avena sterilis	x	x		
Bromus rigidus	x	x		
Hordium murinum	x	x		x
Lolium rigidum	x	x		x
Phalaris Brachystachys	x	x		
Phalaris minor	x	x		
Phalaris paradoxa	x	x		
Poa annua	x	x		x
Dicotylédones				
Chenopodium album		x	x	
Capsella bursa-pastoris		x		
Galium tricornutum		x		
Hirschfeldia adpressa		x	x	
Lamium amplexicaule		x		
Raphanus raphanistrum		x	x	
Silene gallica		x		
Sinapis arvensis		x	x	
Sonchus asper		x		
Sonchus oleraceus		x	x	
Urtica urens		x		
Vaccaria hispanica		x		
Vacia sativa		x		

* les noms vernaculaires sont donnés aux tableaux 2 et 3,
x : résistance confirmée

Photo 42: Efficacité du Boxer sur Ray-grass à un mois après traitement

Photo 43: Effet du Lancelot sur le coquelicot (parcelle d'avant plan). Parcelle non traitée en arrière plan encadrée

La résistance du chrysanthème à couronnes observée dans nos champs de céréales est liée au site d'action « ALS ». Ainsi, il est indispensable de choisir un herbicide avec un autre site d'action de rechange auquel la mauvaise herbe n'est pas résistante. Pour ce faire, l'agriculteur marocain dispose de plusieurs herbicides homologués et/ou utilisables ailleurs sur céréales (mais non homologués au Maroc). Ces herbicides ont uniquement deux sites d'action, inhibition de la croissance (effet des phytohormones) et de la photosynthèse (Tableau 23).

Tableau 23 : Herbicides de post-levée recommandés pour lutter contre le chrysanthème à couronnes

Matière active (m.a.)	**Famille chimique**	**Site d'action (Code HRAC)**	**Produits formulés**	**Dose /ha**	**Remarque**
Aminopyralide	Acides pyridine carboxyliques	Inhibition de croissance (O)	Lancelot 450 WG Lancelot Neo	33 g	Risque de résidus pour légumineuse
			Mustang forte	0,5 L	En mélange avec d'autres matières actives
Bentazone	Benzothiadiazone	Inhibition de la photosynthèse (C3)	Basagran, Benta 48 SL, Bentagrane, Fighter, Fortune et Troy	2,0 à 2,5 L/ha	Non homologués
Bromoxynil	Hydroxy-benzonitriles		Emblem Flo	1,25 L	Non homologué
Clopyralide	Acides pyridine carboxyliques	Inhibition de croissance (O)	Lontrel 100 SL	2,0 L	Non homologué
Métribuzine	Triazinones	Inhibition de la photosynthèse (C1)	Plusieurs	200 à 400 g de m.a.	Non homologués
Dicamba	Acides benzoiques	Inhibition de la croissance (O)	Procamba, Rama	0,5 L	Début –plein tallage du blé
2,4 D + MCPA	Acides phénoxy-carboxyliques		Plusieurs	390 + 340 g de m.a.	
2,4 D + Dicamba	Ac. Benz. + Ac. Phén. Carbo.		Dialen Super 464 SL	0,75 à 1,0 L	

Selon le degré d'infestation, ces herbicides pourraient être utilisés une fois, deux fois, en mélange ou en séquence lors d'une même saison agricole. Cependant, l'alternance des sites d'action, dans le temps et l'espace, s'impose pour éviter ou au moins retarder l'apparition d'une autre résistance. Agissant par contact, les herbicides à base de bentazone et de bromoxynil doivent être appliqués au stade très jeune de l'adventice pour garantir une efficacité maximale. Cependant, la préconisation de ces deux herbicides ainsi que la clopyralide est handicapée par leurs coûts élevés à l'hectare. Quant aux phytohormones, elles sont moins chères et plus efficaces sur les plantes en croissance très active (Photo 44). Une attention particulière devrait être accordée à la variété de la céréale en cas de l'utilisation de la métribuzine car la sensibilité des variétés vis-à-vis de cette molécule n'est pas toujours la même.

Photo 44: Effet du (2,4D + MCPA) sur chrysanthème résistant (région de Sefrou)

➢ Autres mesures de gestion

Le problème de la résistance dans un champ ou une exploitation durera tant qu'un stock de semences des adventices résistantes persiste dans le sol. Ainsi, toutes les mesures ou pratiques qui permettent d'épuiser cette source d'infestation et/ou d'empêcher son approvisionnement sont indispensables ou recherchées.

Les mesures préventives et/ou pratiques culturales sont nécessaires pour atteindre cet objectif, mais parfois elles ne sont pas suffisantes pour résoudre le problème posé. En outre, les méthodes de lutte permises pour le contrôle des adventices ont des atouts et des faiblesses. Ainsi, une bonne gestion repose également sur la diversification de la lutte non chimique et sa combinaison à la lutte chimique selon les principes de la gestion intégrée des mauvaises herbes. Ainsi, un certain nombre de mesures ou conseils pour gérer et/ou prévenir la résistance aux herbicides pourraient être préconisés afin d'arriver à cet objectif :

- Le labour profond permet d'enfouir les semences dans le sol et empêcher leur germination et leur levée,
- L'incinération des chaumes permet de détruire en même temps les semences des mauvaises herbes,
- Le faux semis permet aussi de détruire les premiers contingents de mauvaises herbes et de réduire, par conséquent, leur stock semencier dans le sol,
- Pratiquer une rotation plus longue des cultures. L'utilisation de différentes cultures élargit le choix des herbicides à employer et des méthodes de travail du sol permettant de lutter contre les mauvaises herbes. Certaines cultures livrent aussi une concurrence plus féroce aux mauvaises herbes,
- Utilisation des semences propres et nettoyage du matériel avant de passer d'un champ à un autre. D'ailleurs, la circulation des lots de semences contaminés a été derrière la dissémination du ray-grass résistant dans nos champs de céréales,
- Utilisation des variétés compétitives est un levier agronomique qui limite l'incidence des adventices,
- Eviter l'utilisation du même herbicide ou des herbicides appartenant au même groupe dans le même champ et plus d'une fois par saison,
- Utilisation des herbicides composés de 2 à 3 matières actives ou réaliser des mélanges extemporanés d'herbicides dont le mode d'action est différent. La composition chimique et le code HRAC de tous les herbicides des céréales utilisés au Maroc sont donnés dans le répertoire des herbicides en annexe.

4. Gestion des résidus d'herbicides dans le sol

4.1. Signification des résidus d'herbicides dans le sol

La persistance est définie en tant que durée pendant laquelle les résidus d'un herbicide sont détectables. Ce terme est largement employé dans les études à caractère environnemental. En agronomie, la persistance d'action ou tout simplement la rémanence est une terminologie préférée et qui correspond à la

durée pendant laquelle un herbicide manifeste une activité biologique. Cette persistance peut être le fait de la substance active, de ses produits de dégradation ou de sa formulation. Quelque soit la méthode d'application d'un herbicide, une partie si non la totalité de la quantité appliquée va être reçue par le sol. Ainsi, la persistance d'action de l'herbicide dans ce dernier est un aspect très important de son devenir. De point de vue agronomique, la persistance d'action d'un herbicide devrait être un critère de son choix car elle nous renseigne sur la période durant laquelle le contrôle des mauvaises herbes est assuré par un herbicide. Cette persistance est beaucoup plus recherchée pour les herbicides appliqués au sol que pour les produits foliaires afin d'assurer une protection la plus longue possible sans pourtant nuire aux cultures suivantes d'une rotation préétablie. Les familles chimiques qui renferment des herbicides ayant le potentiel de persister dans le sol sont : les triazines, les uraciles, les substitués de l'urée, les phénylurées, les sulfonylurées, les dinotroanilines, les isoxadiones, les imidazolinones et certaines phytohormones surtout les pyridines. En général, les petites plantes sont plus sensibles que les grandes et celles issues de germination de semences sont plus sensibles aux résidus des herbicides. Ainsi, le problème de l'arrière effet des herbicides est de nature agronomique dans le cas des cultures reproduites par graines. Effectivement, certains herbicides nécessitent l'écoulement d'un délai entre leur application et le semis des cultures suivantes.

4.2. Importance agronomique des résidus d'herbicides

L'effet résiduaire ou l'arrière-effet des herbicides sur les cultures suivantes sont observés ou déclarés dans certaines conditions généralement liées au climat de la saison (surtout les précipitations). Mais, ces accidents peuvent arriver aussi dans le cas d'un surdosage ou d'une utilisation répétée d'un même herbicide sur la même parcelle pendant une longue durée (effet du cumul). La persistance d'un herbicide dans un sol est influencée par les interactions entre l'herbicide, le sol et l'environnement. Ainsi, la persistance d'un herbicide n'est pas une caractéristique spécifique ou absolue, mais elle varie d'un sol à un autre et d'une région à une autre. Comparativement à la quantité des herbicides utilisée et la superficie des céréales traitée chaque année au Maroc, l'importance de la phytotoxicité (déclarée ou observée) due aux résidus des herbicides (utilisés sur céréales) sur les cultures de la rotation reste pour le moment très limitée dans le temps et dans l'espace. Mais, ça n'empêche pas que le nombre d'accidents ne cesse d'augmenter ces dernières années surtout dans les périmètres irrigués (Doukkala et Tadla) ou dans les régions à agriculture intensive. Une attention particulière doit être portée à cette facette cachée de l'opération de désherbage

chimique des céréales. Ainsi dans le choix d´un herbicide, la réflexion doit dépasser la culture en place qui recevra le produit.

4.3. Persistance dans le sol et arrière-effet des herbicides

Pratiquement, on parle de l'arrière effet (ou phytotoxicité) d'un herbicide (appliqué à la dose recommandée) lorsque sa persistance porte préjudice aux cultures semées après la récolte de la culture traitée dans une rotation. Dans ce cas, la persistance dépend de la sensibilité des cultures à l'herbicide et influencée par les facteurs liés à la chimie du produit et à sa quantité, au sol, au climat et à la gestion de la culture (Tableau 24). La demi-vie de dissipation ou tout simplement la demi-vie d'un herbicide ($t_{0,5}$, $t_{1/2}$ ou DT_{50}) est un paramètre ou expression de la persistance d'un herbicide. Il nous renseigne sur le temps ou la durée nécessaire pour que 50% de l'herbicide soit dissipé dans le sol. Si un herbicide a une demi-vie de 10 jours çà veut dire que sa quantité dans le sol sera réduite de 50, 75, 87,5 et 93,75 % respectivement en 10, 20, 30 et 40 jours. En général, ce paramètre est déterminé dans les conditions du laboratoire qui sont différentes de la réalité du champ où l'herbicide est soumis à l'interaction de plusieurs facteurs. Ainsi, la demi-vie d'un herbicide n'est pas une valeur absolue, mais il reste un indicateur de la persistance d'un herbicide qui guide l'agriculteur à choisir son herbicide et prévoir sa dégradation. En absence d'une classification universelle basée sur ce paramètre, il est admis que les herbicides peuvent être classés en herbicides non persistant (DT_{50} < 5 jours), faiblement persistant (DT_{50} < 5 - 21 jours), moyennement persistant (DT_{50} < 22 - 60 jours) et très persistant (DT_{50} > 60 jours). Le tableau 24 donne la demi-vie des principales matières actives des herbicides utilisés pour le désherbage chimique des céréales.

Tableau 24 : Demi-vie, dégradation et cultures sensibles aux principales matières actives des herbicides des céréales

Matières actives	**Demie vie (jours)***	**Risque d'arrière effet**	**Processus de dégradation**	**Principaux facteurs actifs**	**Cultures successives sensibles**
2,4 D	2-42	Non	Biologique	pH, MO, H, T°,	Aucune
Amidosulfuron	29-120	Non	Chimique, biologique	H, pH, T°	Aucune
Aminopyralide	8-35	Oui	Biologique	H, T°, MO	Légumineuse
Chlortoluron	26-42	Oui	Biologique	MO, T°, H	?
Clodinafop-propargyl	0,5 -1,5	Non	Biologique	H, pH, T°	Aucune

Tableau 24 : (Suite)

Clopyralide	12-70	Oui	Biologique	H, T°, MO	Légumineuse
Dicamba	3-35	Oui	Biologique	pH, MO, H, T°	Betterave
Diflufénicanil (DDF)	120-240	Non	Biologique, chimique	H, MO, T°	Aucune
Diquat	1000	Non	Biologique	H, MO, T°, pH	Aucune
Fénoxaprop-P-éthyle	2-3	Non	Chimique	H, pH	Aucune
Florasulame	2-18	Non	Biologique	H, T°, pH	Aucune
Flucarbazone sodium	8-22	Oui	Biologique	pH, MO, H, T°	Avoine, Colza, Légumineuse, Maïs, Sorgho
Flufenacet	9-60	Non	Biologique	MO, pH, H	Aucune
Flumetsulame	30-60	Oui	Biologique	T°, H, pH	Betterave, Colza, Légumineuse
Fluroxypyr	3-36	Non	Biologique, chimique	T°, MO, H	Aucune
Flurtamone	6-65	Non	Biologique, physique	T°, MO, H, Lum	Aucune
Glufosinate-ammonium	1-25	Non	Biologique	T, H, MO	Aucune
Glyphosate	7-60	Non	Biologique	H, MO, T°, pH	Aucune
Halauxifène	1-17	Non	Biologique	H, T°	Aucune
Iodosulfuron méthyle	9-15	Oui	Chimique, biologique	H, pH	Colza, Lentille, Luzerne, Maïs, Tournesol
MCPA	14-31	Non	Biologique	pH, MO, H, T°	Aucune
Mesosulfuron méthyle	44-76	Oui	Chimique, biologique	H, T°	Betterave, Luzerne, Tournesol
Métribuzine	14-60	Oui	Biologique	T°, H, pH	Avoine, Betterave, Cucurbitacées, Triticale,

Tableau 24 : (Suite)

Metsulfuron-méthyle	7-30	Oui	Chimique, biologique	pH, H, T°	Colza, Pois, Betterave, Lentille, Maïs, Sorgho, Tournesol
Paraquat	1000	Non	Biologique	H, MO, T°, pH	Aucune
Pendiméthaline	15-77	Oui	Biologique, physique	Lumière, H, MO, T°	Betterave
Pinoxaden	2-3	Non	Chimique, biologique	H	Aucune
Prosulfocarbe	7-13	Non	Biologique	H, MO, T°, pH	Aucune
Pyroxsulame	5-29	Non	Biologique	H, MO, T°, pH	Aucune
Saflufénacil	7-35	Non	Biologique, physique	Lumière, H, MO, T°, pH	Aucune
Sulfosulfuron	14-75	Oui	Chimique, biologique	MO, pH, H	Avoine, Betterave, Colza, Fève, féverole, Orge, Lentille, Luzerne, Pois, Pois-chiche, Tournesol, Vesce,
Thifensulfuron - méthyle	3-20	Non	Biologique, chimique	H, MO	Aucune
Triallate	8-205	Oui	Biologique, physique	H, MO, T°	Avoine, Luzerne, Sorgho
Triasulfuron	3-48	Oui	Chimique, biologique	pH, H	Colza, Légumineuse, Lin, Maïs, Sorgho, Tournesol
Tribénuron-méthyle	5-10	Non	Chimique, biologique	H, T°, pH	Aucune

*: plusieurs sources, **H :** humidité, **Lum** : lumière, **MO** : matière organique, **T** : température

La persistance d´un produit dans le sol n´explique pas à elle seule le risque d´arrière-effet sur une culture installée plusieurs mois après son application. Des herbicides ont une demi-vie longue mais ne font pas l´objet de restrictions d´emploi par rapport aux cultures succédant aux céréales traitées. C´est le cas du diflufénicanil ou diflufénican (DFF), matière active à la base de deux herbicides de céréales, Othello et Kalenkoa qui contiennent 50 et 120 g/l de DFF. Sa demi-vie est de 90 à 260 jours et pour autant ces deux herbicides n´ont pas de restriction d´emploi sur les successions culturales selon le fabricant (dans les conditions normales). La quantité des résidus de diflufénicanil restante dans le sol n'est pas suffisante pour déclencher la phytotoxicité chez la culture suivante. Avec une demi-vie de 1000 jours, l'utilisation d'herbicides à base de diquat (Barclay Pro 200, Diqua et Reglone) pour faciliter la récolte des céréales (dessiccation) n'a aucun effet sur les cultures suivantes. Cependant d'autres herbicides présentent un comportement inverse. C'est le cas de plusieurs herbicides de la famille des sulfonylurées qui n´ont pas une demi-vie très importante (Tableau 24). Par exemple, un blé traité avec un herbicide à base de sulfosulfuron comme Apyros qui a une demi-vie de 14 à 75 jours ne devrait pas être suivi par la betterave à sucre, le colza, l'orge ou certaines légumineuses. De même, le fabricant des herbicides à base de l'aminopyralide comme Lancelot, Lancelot Neo et Mustang Forte (utilisés pour le désherbage des céréales et dont la demi-vie est de 20 à 32 j) déconseille le semis de légumineuses après une céréale traitée avec ces produits (Photo 45).

Photo 45: Effet résiduaire d'un herbicide à base d'aminopyralide sur la féverole

4.4. Processus de dissipation des herbicides dans le sol

La dissipation inclut tous les devenirs possibles d'un herbicide une fois au contact avec le sol. Deux principaux processus influent sur le taux de disparition d'une molécule dans le sol, le transfert et la dégradation. Le transfert est le changement de la localisation ou la disponibilité d'un herbicide sans pourtant changer sa structure ou ses propriétés chimiques. Il comprend l'adsorption au sol (fixation du produit par les colloïdes du sol surtout l'argile et la matière organique), la volatilisation (passage à l'état gazeux), le lessivage (entrainement vertical par l'eau), le ruissellement (entrainement horizontal ou latéral par l'eau à la surface du sol) et l'absorption par les plantes (prélèvement par les cultures et les mauvaises herbes). Cependant, la dégradation est un processus qui change la structure et les propriétés chimiques d'un herbicide et le rend plus ou moins toxique vis-à-vis des plantes. Cette voie de dissipation comprend la dégradation microbienne (par les algues, champignons, actinomycètes et bactéries du sol) et chimique (réactions d'oxydation, réduction et surtout d'hydrolyse) et la photo dégradation (cassure de la molécule par les rayons ultra-violets à la surface du sol). En plus des propriétés physico-chimiques d'un herbicide, ces deux processus sont aussi influencés par les facteurs climatiques et édaphiques (Tableau 24). De même, les composantes des processus de dissipation n'agissent pas indépendamment, mais d'une manière concomitante ou/et interactive. Par exemple, l'immobilisation d'un herbicide par les colloïdes du sol influe amplement sur son lessivage, sa biodisponibilité (absorption par les plantes), sa dégradation chimique et biologique.

4.5. Facteurs actifs sur la persistance des herbicides

Bien que les voies de dissipation des herbicides dans le sol soient nombreuses, l'adsorption et les dégradations microbienne et chimique restent les voies les plus importantes et les plus prépondérantes chez beaucoup d'herbicides. En général, tout facteur qui agit sur ces trois composantes de processus de dissipation des herbicides dans le sol aurait un effet certain sur leur devenir et leur durée de vie dans ce milieu. Ainsi, la persistance d´un produit herbicide dépend de facteurs liés au sol, au climat et à l'herbicide lui-même.

L´adsorption des herbicides est beaucoup influencée par la texture, la richesse en matière organique, l'humidité et le pH du sol d'une part et par les propriétés chimique et physique des herbicides d'autre part. Les herbicides ont tendance à persister longtemps dans un sol argileux, riche en matière organique et sec. Quant à l'effet du pH, il dépend de la nature des herbicides. La persistance des herbicides des familles des sulfonylurées et des triazines est plus importante dans les sols ayant un pH supérieur à 7. Alors que les herbicides de la famille des imidazolinones sont plus persistants dans les sols à pH inférieur à 6.

La nature et la quantité des microorganismes (bactéries, champignons, actinomycètes etc.) vivant dans un sol influent beaucoup sur la dégradation biologique de la majorité d'herbicides. Ainsi, tout facteur qui favorise la croissance et la reproduction des microbes du sol (température, humidité, matière organique, oxygène et pH du sol) réduit par conséquent la persistance des herbicides dans ce milieu. En général, les conditions favorables pour la croissance des plantes sont aussi optimales pour les microorganismes du sol. Ainsi, les herbicides persistent moins dans un sol chaud, humide, riche en matière organique avec un pH neutre et bien aéré.

Durant la campagne 2019 – 2020, une féverole d'une exploitation agricole à Nousser avait manifesté des symptômes de phytotoxicité similaires à celles indiquées sur la photo 37. En revenant à l'historique de la parcelle endommagée, cette dernière avait un précedent blé tendre traité avec un herbicide contenant l'aminopyralide. Comme cette matière active est biologiquement dégradable (Tableau 24) et dissipée par l'eau vers les couches profondes du sol, les quantités de pluies reçues (61 mm au total) après traitement (7,5 mm en Janvier, 11,5 mm en Février, 19 mm en Mars et 15 mm en Avril) n'étaient pas suffisantes pour l'activation des microorganismes du sol (malgré la matière organique et le pH du sol qui étaient favorables) et l'entrainement du produit dans un horizon profond. Ainsi, l'herbicide est resté concentré et non dégradé dans l'horizon superficiel. Lorsque la féverole avait développé ses racines dans cette zone, elle a absorbé l'herbicide et manifesté les symptômes de phytotoxicité observés.

La dégradation chimique des herbicides est assurée principalement par l'hydrolyse. Ainsi, l'humidité, la température et le pH du sol sont les principaux facteurs actifs sur la persistance d'un herbicide soumis à cette dégradation. La dégradation est plus rapide dans un sol humide et chaud. Quant à l'effet du pH, il dépend de la structure chimique de l'herbicide : les sulfonylurées sont rapidement dégradées dans les sols acides, et par conséquent, ils sont plus persistants dans les sols à pH alcalin. Tandis que les imidazolinones ont un comportement inverse.

4.6. Gestion des résidus des herbicides dans le sol

Les techniques et/ ou mesures qui permettent de minimiser les résidus des herbicides dans le sol, et par conséquent, de réduire leur persistance et d'éviter leurs éventuels arrière effets (ou effets accidentels) sur les cultures suivantes sont nombreuses. D'emblée, il est faut signaler que la gestion des mauvaises herbes selon les principes de la lutte intégrée est une approche permettant d'atteindre cet objectif. En outre, le choix des herbicides à faible demi-vie et/ou à sans risque

d'arrière effet (Tableau 23), le mélange de deux ou plusieurs herbicides et l'application la plus précoce possible sont des mesures ou pratiques (avant tout contact entre les herbicides et le sol) qui conduisent à réduire le temps de dissipation des herbicides dans le sol et à épargner les cultures suivantes contre tout effet secondaire indésirable.

Une fois dans le sol, la persistance d'un herbicide pourrait être minimisée en travaillant fréquemment le sol contaminé après la récolte de la céréale traitée (pour favoriser la dégradation biologique et chimique) ou en réalisant un labour profond (pour diluer la concentration de l'herbicide) avant l'installation de la culture suivante ou en ajoutant de la matière organique au sol pour immobiliser une quantité d'herbicide et/ou stimuler l'activité microbienne. L'apport fréquent de petites irrigations est une autre possibilité pour accélérer la dégradation chimique surtout des herbicides susceptibles à l'hydrolyse. En outre, le respect des délais nécessaires entre l'application des herbicides et le semis de la culture suivante, indiqués sur les prospectus de certains herbicides, est un élément à considérer dans cette gestion. Ainsi, il est recommandé de lire attentivement les fiches techniques des herbicides utilisés pour s'assurer de cette information et d'éviter tout accident d'utilisation.

Dans le cas de soupçons de présence des résidus d'herbicides dans le sol (ou utilisation d'herbicides ayant un arrière effet potentiel) et pour éviter toute surprise, il est recommandé de procéder à une analyse chimique des échantillons du sol contaminé. Parfois, cette analyse est difficile à réaliser pour des raisons économiques et/ou techniques ou tout simplement pour l'incertitude (absence de références) que la quantité détectée est suffisante pour déclencher un arrière effet. Pour dépasser cette contrainte, les agriculteurs avertis et les techniciens font appel aux essais biologiques au champ (Photo 46) ou sous serre (Photo 47) en semant les semences des cultures d'une rotation sur le sol ayant reçu les herbicides utilisés pour le désherbage de la céréale.

Photo 46: Essai au champ de l'effet résiduaire des herbicides anti- brome sur certaines cultures (gauche à droite : lentille, petit-pois, pois-chiche, fève et betterave)

Photo 47: Essai sous serre de l'effet résiduaire d'un herbicide sur certaines cultures

REFERENCES

ABOUDRARE A., BOUAZIZ A. & CHEKLI H. (2000) Effet des différentes séquences d'installation du blé sur la flore adventice et impact du désherbage sur le rendement et l'efficacité d'utilisation de l'eau : cas de la région de Meknès. Proceedings Journée Nationale sur le Désherbage des Céréales, AMM, pp. 53-64.

AFPP (2011) Commission des essais Biologiques - Répertoire terminologique, Décembre 2011.

AIT EL MEKKI A. (2006) Les politiques céréalières au Maroc. Les notes d'analyse de CIHEAM, 7 : 1- 24.

ANONYME (2006) Guide pratique de désherbage des céréales à paille. Editions Arvalis, Paris, France, 24 pages.

ANONYME (2011) Répertoire terminologiques en protection des plantes, Commission des Essais Biologiques, AFPP, Paris, France, 104 pages.

ANONYME (2017) Gestion durable des adventices en céréales à paille. Editions Arvalis, Paris, France, 172 pages.

ANONYME (2019) Index phytosanitaire, ACTA, Paris, France.

BAYE Y. (2014) Le ray-grass (*Lolium rigidum* Gaudin) résistant aux herbicides « Fops » dans la région de Tadla (Maroc) : état d'infestation et gestion intégrée. Proc. 9ème Congrès de l'AMPP, Rabat, pp. 243-253.

BENSLIMANE M. (2000) Compétitivité de quelques variétés du blé vis-à-vis des mauvaises herbes. Mémoire de 3ème Cycle, option Phytiatrie, I.A.V. Hassan II, Rabat.

BOUHACHE M. (2000) Problématique du brome dans les céréales : importance et possibilités de lutte. Actes 1er Symposium International sur la filière blé, Alger, pp. 119-121.

BOUHACHE M. (2008). Désherbage chimique des céréales d'automne. Agriculture du Maghreb, 25, Janvier 2008, 57-62.

BOUHACHE M. (2008). Désherbage des céréales d'automne : Mode d'emploi des herbicides antigraminées. Agriculture du Maghreb N° 32 Décembre 2008, 66-67.

BOUHACHE M. (2011). Désherbage chimique des céréales d'automne, deuxième levier de réussite de la culture. Pack Agro, 101, Novembre 2011, 66-69.

BOUHACHE M. (2014) Désherbage chimique des céréales, qualité d'eau de bouillie une facette ue par les agriculteurs. Agriculture du Maghreb, 78, Décembre 2014,76-78.

BOUHACHE M. (2015) Adjuvants pour herbicides : additifs pour doper le désherbage chimique. Agriculture du Maghreb, 90, Décembre 2015, 126-129.

BOUHACHE M. (2016) Adjuvants pour herbicides : quel additif pour quelle situation. Agriculture du Maghreb, 91, Janvier 2016, 66-69.

BOUHACHE M. (2016) Rôle des safeners d'herbicides dans le désherbage chimique des cultures. Agriculture du Maghreb, 99, Novembre 2016,110-113.

BOUHACHE M. (2017) Atouts et faiblesses des herbicides utilisables sur céréales au Maroc. Agriculture du Maghreb (Hors série - Céréaliculture), 100, Décembre 2016/ Janvier 2017,10-16.

BOUHACHE M. (2017) Mélange extemporané des herbicides : atouts et risques. Agriculture du Maghreb, 101, Février 2017, 48-50.

BOUHACHE M. (2018) Résistance du Ray-grass aux herbicides : un nouveau défi pour la céréaliculture au Maroc. Agriculture du Maghreb, 108, Décembre 2017/ Janvier 2018, 68-71.

BOUHACHE M. (2018) Désherbage chimique des céréales : persistance des herbicides dans le sol et risque de phytotoxicité aux cultures suivantes. Agriculture du Maghreb, 114, Septembre/Octobre 2018, 78-81.

BOUHACHE M. (2018) Le chrysanthème à couronnes : une autre adventice des céréales résistante aux herbicides. Agriculture du Maghreb, 115, Novembre 2018, 70-73.

BOUHACHE M. (2019) Désherbage des céréales : la vulpie genouillée, une graminée envahissante à guetter. Agriculture du Maghreb, 117, Février 2019, 94-97.

BOUHACHE M. & GHAMMARTE A. (2002) Effets allelopathiques de l'oxalide sur la germination et la croissance des céréales. Proc. 5ème Congrès A.M.M., Rabat, pp.51-60.

BOUHACHE M. et TALEB A. (2013). Orge des rats : une graminée adventice à considérer dans le désherbage des céréales. Agriculture du Maghreb, 71, Novembre 2013, 170-172.

BOUHACHE M., LAKKARI A. & HILALI S. (1996) Influence of environnemental factors on the control of *Solanum elaeagnifolium* by glyphosate. Proceedings Second International Weed Control Congress, Copenhagen, Vol. 3, pp. 801-805.

BOUHACHE M., BOULET C. & EL HAMRI D. (1999) Le thésium : une plante hémiparasite des céréales d'automne dans la région des Abda. Proc. Journée Nationale sur les Plantes Parasites, AMM, Meknès, pp. 67-73.

BOUHACHE M., EZZAHIRI B. & ZBAIR K. (1999) Impact du contrôle des mauvaises herbes et de la septoriose sur la croissance et le rendement du blé en irrigué. Proc. 2ème Symposium Régional sur les Maladies des Céréales et Légumineuses Alimentaires, Nabeul, Tunisie, pp. 455-462.

BOUHACHE M., TALEB A. & GHARMMATE A. (2010) Allelopathic effects of Oxalis pes-caprea L. on winter cereal crops. Proc. 2nd International Workshop on invasive plants in Mediterranean type Regions of the World, Trabzon (Turkey), EPPO, pp. 339-347.

BOUHACHE M., RZOZI S.B., TALEB A. & SAKHI M. (2000) Nécessité de désherbage précoce des céréales pour la valorisation des inputs. Proceedings Journée Nationale sur le Désherbage des Céréales, AMM, pp. 93-107.

BOUHACHE M., TALEB A., El ANTRI M. & JAWAD A. (2001) Possibilité du contrôle du Brome rigide avec le triallate dans une culture du blé. II Internacional Simposium, Uso de herbicidas en la Agricultura del Siglo XXI, Cordoba, Espagne, pp.521-528.

BOUHACHE M., RZOZI S. B., TALEB A., HASSNAOUI A. & RSSAISI N. (1997) Possibilités de contrôle chimique du brome rigide (*Bromus rigidus* Roth.). Actes Inst. Agron. Vet., Vol. 17 (4), 261-266.

BOULET C., TANJI A. & TALEB A. (1989) Index synonymique des taxons présents dans les milieux cultivés ou artificialisés du Maroc. Actes Inst. Agron. Vét. (Maroc), 9(3 & 4), 65-99.

BOULET C., BOUHACHE M., TALEB A. & WAHBI M. (1991) Les mauvaises herbes du Souss. Edition actes, I.A.V. Hassan II, Rabat.

BOUTAHAR K. (2000) Récolte mécanisée du blé tendre en agriculture pluviale marocaine : influence des adventices sur les pertes en grain et le taux d'impuretés au stockage. Proc. Journée nationale sur le désherbage des céréales, Settat, pp. 27 – 33.

CHAFIK Z., BERRICHI A. & TALEB A. (2012) Etude des mauvaises herbes des céréales dans la plaine de la Moulouya (Maroc). Revue Marocaine de Protection des Plantes, N° 3: 1-12.

CHAUVEL B., DARMENCY H., MUNIER N. & RODRIGUEZ A. (2018) Gestion durable de la flore adventice des cultures. Editions Quae, Paris, France, 354 pages.

DE PRADO J.L., CRUZ HIPOLITO H., BOUHACHE M. & TALEB A. (2010) Situation actuelle de la résistance aux herbicides dans la région méditerranéenne. Proc. 7ème Congrès de l'AMPP, Rabat, pp. 1-10.

DEVKOTA P., WHITFORD F. & JOHNSON W.G. (2016) Influence of spray-solution temperature and holding duration on weed control with premixed Glyphosate and Dicamba formulation. Weed Technology, 30:116-122.

EL ANTRI M., BOUHACHE M. & BENCHEIKH E. (1995) Utilisation du triallate pour la lutte contre l'avoine stérile (*Avena sterilis* L.) dans une culture du blé au Tadla. Proceeding du 2ème congrès de l'AMPP, Rabat, pp. 113-123.

EL ANTRI M., BOUHACHE M. & HILLALI H. (1998) Wheat varieties response to triallate. Proc. Méditerranéen Symposium, Montpellier, France, pp. 373-374.

EL BRAHLI A., & MRABET R. (2000) La jachère chimique pour relancer la céréaliculture non irriguée en milieu semi-aride marocain. Proceedings journée nationale sur le désherbage des céréales, Association Marocaine de Malherbologie, Settat, pp. 133-145.

EZZAHIRI B., BOUHACHE M. & ZBAIR K. (1999) Positionnement des traitements herbicides et fongicides dans la conduite de la protection phytosanitaire du blé en irrigué. Proc. 2ème Symposium Régional sur les Maladies des Céréales et Légumineuses Alimentaires, Nabeul, Tunisie, pp. 447-454.

EZZAHIRI B., BOUHACHE M. & MIHI M. (2017) Index Phytosanitaire du Maroc, édition 2017. SOGELIV, Casablanca, 304p

GAUVRIT C. (1996) Efficacité et Sélectivité des herbicides. INRA, Versailles, France, 168p.

HAJJAJ B., BOUHACHE M., MRABET R. & TALEB A. (2018) Stock semencier des mauvaises herbes dans le sol et évolution de la flore de surface sous système de semis direct. Revue Marocaine de Protection des Plantes, 12: 1-17.

HAJJAJ B, BOUHACHE M., MRABET R., TALEB A. & DOUAIK A. (2016) Efficacité de quelques herbicides des céréales dans une culture du blé tendre conduite en semis direct. Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 4 (3): 48-56.

HAMAL A., RZOZI S.B. & BOUHACHE M. (1995) Lutte chimique contre le brome (*Bromus rigidus* Roth.) dans le blé tendre dans le Saiss. Proceedings du 2ème congrès de l'AMPP, Rabat, pp. 129-132.

HAMAL A., BENBELLA M. & IBRIZ H. (2010) Effet résiduel des herbicides anti- brome sur les cultures succédantes le blé. Proc. 7ème Congrès de l'AMPP, Rabat, pp. 281-286.

HAMAL A., BENBELLA M., MSATEF A., BOUHACHE M. & RZOZI S.B. (1998). Lutte intégrée contre le brome rigide (*Bromus rigidus* Roth.) dans une culture du blé dur (*Triticum durum* Desf.). Proc. International Symposium On Crop Protection, Gent, Belgium, pp. 817-827.

HAMAL A., BENBELLA M., MSATEF A., BOUHACHE M. & RZOZI S.B. (1998). Aspects biologiques du brome rigide (Bromus rigidus Roth.) adventice des céréales du Maroc. Proc. International Symposium on Crop Protection, Gent, Belgium, pp. 813-815.

HAMAL A., RZOZI S.B., BENBELLA M., BOUHACHE M. & MSATEF A. (2000). Competitivité des varités de blé (*Titicum durum* Desf.) vis à vis du brome raide (*Bromus rigidus* Roth.). Proc. Journée Nationale sur le Désherbage des Céréales, A.M.M., Settat, pp. 19-25.

HAMAL A., RZOZI S.B., BENBELLA M., BOUHACHE M. & MSATEF A. (2000). Tolérance des variétés de blé (*Titicum durum* Desf.) à la métribuzine et au sulfosulfuron et contrôle du brome raide (*Bromus rigidus* Roth.). Proc. Journée Nationale sur le Désherbage des Céréales, A.M.M., Settat, pp. 127-131.

HAMAL A., ALAOUI S.B., BENBELLA M., BOUHACHE M. & AMEZIANE T. (2007) Effet de la profondeur d'enfouissement sur la levée et la viabilité des semences du brome (*Bromus rigidus)*. Al Awamia, 121/122: 51-68.

HEAP I. (2020) International survey of herbicide resistant weeds. http://www.weedscience.com

JAUZEIN P. (1995) Flore des champs cultivés. INRA, Paris, France.

KORI A. (2001) Investigation sur la possibilité de résistance des mauvaises herbes aux herbicides des céréales (cas de *Papaver rhoeas*). Mémoire de fin d'études de 3ème Cycle Agronomie, option Protection des Végétaux. IAV Hassan II, Rabat.

MOSSEDDAQ F., ERROHI A. & DIAB A. (2000) Intensification de la conduite du blé en irrigué au Tadla. Proceedings Journée Nationale sur le Désherbage des Céréales, AMM, pp. 65-77.

NASSIF F. & TANJI A. (2001) Pourquoi les champs de blé sont-ils envahis par les adventices ? Al Awamia, 103 : 61-70.

RSAISSI N. & BOUHACHE M. (2005). Lutte chimique contre l'Oxalide dans la culture du blé. Proc. Symposium National sur les Vivaces au Maroc, AMM, Mohammedia, pp. 155-162.

SCALLA R. (1991) Les herbicides : mode d'action et principes d'utilisation. INRA, Paris, France, 464p.

SAFFOUR K. & BOUHACHE M. (1996) Possibilités d'utilisation de la métribuzine contre le brome (*Bromus rigidus* Roth.) dans le blé tendre (*T. aestivum* L.). Al Awamia, 94: 19-29.

TAHRI M., BENCHAABAN A. & OUATMANE A. (1994) Diversité systématique des adventices messicoles du haouz Central de Marrakech. Reu. Rés. Amélio. Agr. Milieu Aride, 6: 83-97.

TALEB A. (2016) Principales adventices des cultures au Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie), Rabat.

TALEB A. & MAILLET J. (1994). Mauvaises herbes des céréales de la Chaouia (Maroc). I. Aspect floristique. Weed Research, 34: 345-352.

TALEB A., BOUHACHE M. & RZOZI S.B. (1998). Flore adventice des céréales d'automne au Maroc. Actes Inst. Agron. Vet. Hassan II, 18 (2), 121-130.

TALEB A., EZZAHIRI B. & BOUHACHE M. (1999) Liste annotée des adventices hôtes des ennemis des céréales et légumineuses alimentaires au Maroc. Proc. 2ème Symposium Régional sur les Maladies des Céréales et Légumineuses Alimentaires, Nabeul, Tunisie, pp. 295-303.

TANJI A. (2000) Mauvaises herbes du blé et de l'orge dans le périmètre du Tadla. Al Awamia, 102 : 49-57.

TANJI A. (1993) Analyse fourragère de 26 adventices du blé non irrigué en Chaouia. Al Awamia, 83 : 59-75.

TANJI A. (2005) Adventices du blé et de l'orge au Maroc. INRA, Rabat, Maroc.

TANJI A. (2009) Efficacité des herbicides sur l'ivraie raide (*Lolium rigidum*). Symposium International « Agriculture Durable en Région Méditerranéenne (AGDUMED) », Rabat, Maroc, pp. 380-383.

TANJI A. (2009) Persistance des herbicides dans les sols marocains. Proc. Coll. Intern. Gestion des Risques Phytosanitaires, AMPP, Marrakech, pp. 479-486.

TANJI A. (2010) Adventices de l'orge et du blé dans la région de Souss-Massa. Revue Marocaine de Protection des Plantes, 1: 11-23.

TANJI A. (2014) Attention à la résistance du ray-grass et du coquelicot. Agriculture du Maghreb, 72, Janvier 2014, 68-73.

TANJI A. BOULET C. & REIGHER (1988) Mauvaises herbes des régions arides et semi-arides du Maroc. Edition INRA, Rabat.

TANJI A., EL BRAHLI A. & JLIBENE M. (1992) Etude de la capacité compétitive de quelques variétés de blé dur, blé tendre et d'orge et de triticale. Al Awamia, 83 : 77-93.

TANJI A., MIRIMI Z., LAFTAH M., EZZAARI A. & JABBARI A. (2012) Lutte intégrée contre l'ivraie raide (*Lolium rigidum*) résistante aux herbicides. Proc. 8ème Congrès de l'AMPP, Rabat, pp. 421-433.

TANJI A., BAYE B. & BOUTFIRASS M. (2017) Evaluating postemergence herbicides for broadleaf weed control in irrigated bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences, 5(5): 614-622.

TANJI A., EL GHARRAS O., OUABBOU H. & MLADEN T. (2017) Weed Dynamics in No-Till rainfed crops in Chaouia, semi-arid Morocco. Journal of Agricultural Science, Vol. 9, No. 11: 198-208.

TANJI A. & BOUTFIRASS M. (2018) Effective Preemergence herbicides for rigid ryegrass (*Lolium rigidum* Gaud.) control in irrigated bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agricultural Science, Vol. 10, No. 4: 79-85.

TISSUT M., DELVAL P., MAMAROT J. & RAVANE P. (2006) Plantes, herbicides et désherbage. ACTA, Paris, France.

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.

ZBAIR K., BOUHACHE M. & EZZAHIRI B. (2000) Intérêt du contrôle des mauvaises herbes et la septoriose dans le blé tendre conduit en irrigué. Proc. 4ème Congrès de l'AMPP, Rabat, pp. 171-178.

ZIDANE L., SALHI S., FADLI M., El ANTRI M., TALEB A. & DOUIRA A. (2010) Étude des groupements d'adventices dans le Maroc occidental. Biotechnol. Agron. Soc. Environ., Volume 14 (2010) Numéro 1: 153-166.

ZIMDAHL R. L. & EL BRAHLI A. (1992) Pertes occasionnées par les mauvaises herbes dans les céréales en zones semi-arides du Maroc occidental. Al Awamia, 75:53-61.

Page laissée vierge

GLOSSAIRE

A

Adventice : espèce végétale étrangère à la flore indigène d'un territoire dans lequel elle est accidentellement introduite et peut s'installer. Terme est aussi utilisé comme synonyme de « **mauvaise herbe** ».

Allélopathie : interaction négative entre deux plantes d'espèces généralement différentes, due à des substances toxiques libérées par un des organes vivant ou mort de l'une d'elles et agissant sur la croissance de l'autre.

Antigraminée : substance active ou préparation herbicide permettant de lutter spécifiquement contre les graminées (Syn. **Graminicide**).

B

Bonnes pratiques phytosanitaires (BPP) : ensemble de règles à respecter pour assurer une efficacité optimale des préparations phytopharmaceutiques ou des autres techniques de protection des plantes, tout en réduisant le plus possible les risques liés à leur emploi. Elles impliquent, entre autres, de respecter la dose d'emploi, le nombre d'applications, ainsi que le délai d'emploi avant récolte.

Bouillie : mélange, généralement dans l'eau, d'une préparation destinée à être appliquée par pulvérisation, arrosage ou trempage. Une bouillie peut contenir plusieurs préparations et des adjuvants.

C

Caryopse : fruit sec, indéhiscent, contenant une seule graine adhérente au péricarpe.

Coléoptile : organe en forme d'étui recouvrant la tige embryonnaire et les premières feuilles des jeunes plantules chez les graminées.

Compétition : interaction qui s'établit entre deux ou plusieurs organismes pour l'utilisation d'une même ressource (lumière, eau, éléments nutritifs) lorsque la demande dépasse les disponibilités.

Cuticule : couche externe et protectrice qui recouvre les organes aériens des plantes vasculaires.

D

Demi-vie : la durée nécessaire à la réduction de 50 % de la quantité initiale de substance (DT50). Elle est symbolisée par « t½ ».

Dérive : transport de fines gouttelettes de bouillie en dehors de la zone de pulvérisation.

Désherbage : opération qui vise à éliminer les adventices nuisibles sur tout (traitement généralisé) ou partie (traitement localisé ou traitement dirigé) de la parcelle.

Diaspora : unité de dissémination : organe ou partie du végétal qui est chargée de dissémination.
Dicotylédone : végétal dont la graine renferme un embryon à deux cotylédons. La section des tiges et des racines s'accroît grâce à l'activité des cambiums et les feuilles sont à nervures ramifiées.
Dormance : état de vie ralentie chez les végétaux. Il se traduit par le fait qu'un organe, pourtant placé dans des conditions propices à sa croissance, n'évolue pas; l'état dormant est induit et levé par certaines conditions climatiques ou physiologiques.

E
Ecaille : reste d'une à deux fleurs stériles réduites à la base du caryopse ou feuilles rudimentaires collées sur un organe.
Efficacité : effet recherché d'une ou plusieurs préparations phytopharmaceutiques vis-à-vis des organismes nuisibles.
Endémique : se dit d'une espèce vivante propre à un territoire bien délimité.
Engainant : qualifie un organe (feuille, pétiole, stipule) formant à sa base une gaine autour de la tige ou du rameau.
Ennemi des cultures : expression générale désignant un organisme vivant, nuisible aux plantes cultivées (mauvaise herbe, agent pathogène, ravageur).
Epinastie : courbure vers le bas d'une plante sous l'effet d'herbicides surtout les phytohormones.
Ethologie : le comportement des espèces et en particulier sa signification et ses réponses adaptatives aux conditions de milieu.

F
Formulation : processus industriel qui aboutit à la fabrication d'une préparation phytopharmaceutique ou biocide. Terme aussi utilisé pour désigner le type de présentation physique des préparations.

G
Géophyte à bulbilles : se dit d'une plante vivace qui passe la mauvaise saison sous forme de petits bulbes enfouis dans le sol.
Germination : passage à la vie active d'un organe de conservation ou de dissémination d'un végétal après une période de repos.
Graine : produit de l'évolution d'un ovule fécondé. Elle renferme l'embryon et des tissus de réserve, protégés par des téguments. Sa germination donne naissance à une nouvelle plante.
Glabre : organe dépourvu de poils.
Graminicide : voir antigraminée

Graminée : plante herbacée monocotylédone, à tige souterraine courte (plateau de tallage) dont partent, à chaque nœud, des racines et une tige aérienne (chaume). Syn. Poacée (nom scientifique)**.**

H

Herbicide : substance active ou préparation ayant la propriété de tuer les végétaux. Syn. **Désherbant.**
Herbicide foliaire : herbicide pulvérisé sur les feuilles et absorbé par celles-ci.
Herbicide racinaire : herbicide appliqué sur le sol et absorbé par les racines.
Herbicide de contact : herbicide de post-levée très peu mobile dans la plante et qui n'entraîne de dommages des tissus qu'autour des points d'impact et de pénétration.
Herbicide systémique : herbicide de pré-levée ou de post-levée qui migre dans la plante par le bois ou le liber, depuis les points de pénétration (racine ou feuille) jusqu'au site d'action.
Herbicide sélectif : herbicide que peut tolérer une espèce cultivée dans des conditions d'emploi bien définies.
Herbicide total : herbicide efficace sur l'ensemble des plantes, mauvaises herbes et espèces cultivées.
Hypocotyle : axe situé au-dessous des cotylédons.

I

Incorporation : opération qui consiste à mélanger au sol une préparation phytopharmaceutique (et spécialement un herbicide) de manière homogène et sur une épaisseur déterminée.
Infestation : envahissement d'un milieu, d'une plante-hôte ou d'une culture, par une population d'organismes ou de plantes nuisibles.

L

Lessivage : mouvement vertical d'un pesticide vers les horizons profonds d'un sol.
Ligule : membrane prolongeant la gaine des graminées.
Luisante : ayant un éclat ou brillance.

M

Mauvaise herbe : plante herbacée ou ligneuse indésirable à l'endroit où elle se trouve. Syn. **Adventice.**
Mélange extemporané : mélange de préparations (phytopharmaceutiques, adjuvantes) réalisé au moment de la confection de la bouillie.
Messicole : plante se développant dans les moissons.

Métabolite : tout produit du métabolisme ou de la dégradation d'une substance dans un organisme vivant ou dans l'environnement.
Mode d'action : mécanisme qui permet d'expliquer l'effet d'un produit phytopharmaceutique ou d'un produit biocide.
Monocotylédone : végétal dont la graine renferme un embryon à un seul cotylédon. La tige et la racine sont, sauf exception, dépourvues de cambiums et donc de formations secondaires ; les feuilles sont très généralement à nervures parallèles non ramifiées.
Mouillant : formulant ou adjuvant dont la présence améliore l'étalement de la bouillie sur une surface traitée.
Mutation : modification, le plus souvent héréditaire, du génome d'une cellule. Elle peut être spontanée ou induite par des agents physiques ou chimiques. Elle peut affecter aussi bien des cellules somatiques que des cellules germinales.

N
Nervation parallèle : se dit d'une nervation parallèle dans le sens de la longueur d'une feuille dite parallélinerve.
Nervure digitée : nervures disposées comme les doigts d'une main.
Nervure pennée : nervures secondaires disposés par paires opposées de part et d'autre de la nervure principale.

O
Oreillette : expansion latérale présente de part et d'autre de la ligule de la feuille des graminées.

P
Parasitisme : développement d'un organisme animal ou végétal aux dépens d'un organisme appelé hôte, pendant tout ou partie de son cycle vital, en lui portant préjudice sans entraîner obligatoirement sa mort.
Pétiolé : s'attache sur la tige par un pétiole.
Phytotoxicité : altération passagère ou irréversible occasionnée à des végétaux cultivés par un produit phytopharmaceutique.
Plantule : jeune plante issue de la germination de la graine après la levée.
Pilosité : ensemble de poils sur un organe.
Préfoliaison (préfoliation) : mode d'enroulement des jeunes feuilles dans les bourgeons.

R
Rémanence (Persistance d'action) : durée pendant laquelle un produit phytopharmaceutique manifeste une activité biologique. Cette persistance peut être le fait de la substance active, de ses produits de dégradation ou de sa formulation.

Résidu : substance susceptible d'être présente dans ou sur des végétaux, des produits d'origine végétale ou animale, dans un milieu ou l'un des compartiments de l'environnement (sol, air, eau…) à la suite de l'emploi d'un produit phytopharmaceutique.
Résistance : absence d'inhibition ou inhibition réduite du développement d'un organisme nuisible après application d'un produit phytopharmaceutique. Cette résistance peut être naturelle ou acquise.
Rosette : ensemble de feuilles disposées au ras du sol, sur des nœuds très rapprochés.

S
Sélectivité : propriété d'une préparation qui, utilisée dans des conditions d'emploi définies, permet de lutter contre des organismes nuisibles aux plantes cultivées en épargnant les organismes utiles. Ex. Pour un herbicide, respect de la plante cultivée ; pour un insecticide, respect des auxiliaires utiles.
Semence : graine, fruit ou partie de fruit qui contribue à la multiplication et à la dispersion d'une plante.
Spectre d'action : ensemble des espèces ou variétés d'adventices, d'agents pathogènes ou de ravageurs contre lesquels un produit phytopharmaceutique exerce une action.
Sessile : dépourvu de pétiole.
Site d'action : la première fonction physiologique perturbée par un herbicide.

T
Thérophyte : plante annuelle dont la reproduction n'est possible que par graines.
Tigelle d'emblée allongée : plantule à feuilles disposées sur la tige, sur des nœuds bien distincts ou séparés (entre-nœuds apparents).
Traitement : opération consistant à utiliser une ou plusieurs préparations phytopharmaceutiques ou biocides, ou à mettre en œuvre d'autres moyens de lutte, dans des conditions d'emploi définies.
Traitement dirigé : traitement réalisé avec un matériel adapté (buses spéciales, caches buses) permettant de protéger la plante cultivée ou les parties sensibles de celle-ci.
Traitement fractionné : opération consistant à appliquer en plusieurs fois, généralement à de courts intervalles, une préparation à doses réduites, le total des doses appliquées n'excédant pas la dose d'emploi autorisée. **Syn**. Application fractionnée.
Traitement généralisé : traitement effectué sur la totalité, soit de la végétation, soit de la surface d'un terrain, cultivé ou non.
Traitement localisé : traitement effectué sur une partie seulement, soit de la végétation, soit de la surface d'un terrain, cultivé ou non.

Page laissée vierge

Annexe 1 : Répertoire des herbicides utilisés ou utilisables sur céréales

Herbicides	Dose/ha	Composition	Code HRAC	Société
Herbicides de pré-semis				
Allout 480 SL	2 L	Glyphosate (480 g/L)	G	Agri Trade Maroc
Atila	3 L	Glyphosate (360 g/L)	G	Agrival
Barclay Barbarian Super 360	3 L	Glyphosate (360 g/L)	G	Phyto Beht
Barclay Gallup Super 360	3 L	Glyphosate (360 g/L)	G	Phyto Beht
Barclay Glyfort 450	2,5 L	Glyphosate (450 g/L)	G	Phyto Beht
Barclay Prol	4 L	Diquat (200 g/L)	D	Phyto Beht
Basta F1	3 L	Glufosinate ammonium (150 g/L)	H	Basf Maroc
Boom Efekt	3 L	Glyphosate (360 g/L)	G	Arzak Seeds Trade
Boom super	3 L	Glyphosate (360 g/L)	G	Arzak Seeds Trade
Buggy Green	3 L	Glyphosate	G	Sipcam Inagra Maroc
Clean	3 L	Glufosinate ammonium (150 g/L)	H	Prochimagro
Diqua	4 L	Diquat	D	Ezzouhour
Diss	2 L	Glyphosate (480g/L)	G	Lakorale
Facinate	3 L	Glufosinate ammonium (150 g/L)	H	CPCM
Glyfo TDI	3 L	Glyphosate (360 g/L)	G	Soprochiba
Glyster Fort	3 L	Glyphosate (360 g/L)	G	Arzak Seeds Trade
Granup 41	3 L	Glyphosate (360 g/L)	G	Ezzouhour
Gramoxone Plus	4 L	Diquat (66 g/L) Paraquat (132 g/L)	D D	Syngenta Maroc
Heat WG	70 g	Saflufénacil (70%)	E	Basf Maroc
Kalach	3 L	Glyphosate (360 g/L)	G	Calimaroc
Kyleo	3 L	2,4D (160 g/L)	O	Amaroc
		Glyphosate (240 g/L)	G	

Annexe 1 : (Suite)

Nasa Green 36 SL	3 L	Glyphosate (360 g/L)	G	Agro Spray Technic
Omniquat	2,2-4,5 L	Paraquat (180 g/L)	D	SAOAS
Patriot 360 SL	3 L	Glyphosate (360 g/L)	G	Capital Agri-Science
Raudo	3 L	Glyphosate (360 g/L)	G	Prochimagro
Reglone	4 L	Diquat (200 g/L)	D	Syngenta Maroc
Rondo	2 L	Glyphosate (480 g/L)	G	Lakorale
Roundup Turbo	2 L	Glyphosate (450 g/L)	G	Alfachimie
Samba	3 L	Glyphosate (360 g/L)	G	Prochimagro
Stinger	3 L	Glyphosate (360 g/L)	G	Capital Agri-Science
Sweep	2,5 L	Glyphosate (480 g/L)	G	Agripharma
Symbol	3 L	Glyphosate (360g/L)	G	CPCM
Systemic	3 L	Glyphosate (360g/L)	G	Spraykem
Typhoon 290 SC	3 L	Diflufenican (40 g/L)	F1	SAOAS
		Glyphosate (250 g/L)	G	
Vesta SL	3 L	Glyphosate (360 g/L)	G	Kemagro
Yphos 48 SL	2 L	Glyphosate (480 g/L)	G	Agrichimie
Herbicides de pré-levée				
Avadex Factor	3,6 L	Triallate (450g/L)	K3	Prochimagri
Benjweed 400 SC	2,5 L	Pendiméthaline (400 g/L)	K1	Capital Agri-Science
Boxer 800 EC	5 L	Prosulfocarbe (800 g/L)	K3	Syngenta Maroc
Clortosint SC	3,6 l	Chlortoluron (500 g/L)	C2	Amaroc
Fist 30 EC	3,3 L	Pendiméthaline (30%)	K1	Calimaroc
Panida	3 L	Pendiméthaline (33%)	K1	Philea
Pendifix 33 EC	3 L	Pendiméthaline (33%)	K1	Agro Spray Technic
Pendofort	3 L	Pendiméthaline (330 g/L)	K1	Ezzouhour
Prowl	3 L	Pendiméthaline (330 g/L)	K1	Basf Maroc
Prowl aqua	2,2 L	Pendiméthaline (455 g/L)	K1	Amaroc
Vigon	0,5 L	Diflufenican (60 g/L)	F1	Bayer SA
		Flufenacet (240 g/L)	K3	
		Flurtanone (120 g/L)	F1	

Annexe 1 : (Suite)

Herbicides anti- graminées et dicotylédones de post-levée				
Apyros 75 WG	26,6 g	Sulfosulfuron (75%)	B	Alfachimie
Archipel OD	1.0 L	Iodosulfuron –méthyl-sodium (7,5 g/L)	B	Bayer SA
		Mefenpyr –diéthl (22,5 g/L)	-	
		Mesosulfuron-méthyl (7,5 g/L)	B	
Atlantis	500 g	Iodosulfuron –méthyl-sodium (6 g/L)	B	Bayer SA
		Mefenpyr –diéthl (90 g/L)	-	
		Mesosulfuron-méthyl (30g/L)	B	
Atlantis OD	1,5 L	Iodosulfuron –méthyl-sodium (2 g/L)	B	Bayer SA
		Mefenpyr –diéthl (30 g/L)	-	
		Mesosulfuron-méthyl (10 g/L)	B	
Broadway	320 g	Cloquintocet-méxyl (70,8 g/Kg)	-	Promagri
		Florasulame (14,2 g/Kg)	B	
		Pyroxsulame (70,8 g/Kg)	B	
Broadway Star	320 g	Cloquintocet-méxyl (70,8 g/Kg)	-	Prochimagro
		Florasulame (14,2 g/Kg)	B	
		Pyroxsulame (70,8 g/Kg)	B	
Cossack OD	1,0 L	Iodosulfuron –méthyl-sodium (7,5 g/L)	B	Bayer SA
		Mefenpyr –diéthl (22,5 g/L)	-	
		Mesosulfuron-méthyl (7,5 g/L)	B	
Everest 70 WG	43 g	Flucarbazone sodium (70%)	B	SIPP
Floramix	320 g	Cloquintocet-méxyl (70,8 g/Kg)	-	Promagri
		Florasulame (14,2 g/Kg)	B	
		Pyroxsulame (70,8 g/Kg)	B	

Annexe 1 : (Suite)

Kalenkoa	0,8 L	Diflufenican (120 g/L)	F1	Amaroc (Bayer SA)
		Iodosulfuron-méthyl- sodium (7,5 g/L)	B	
		Mefenpyr-diethyl (27 g/L)	-	
		Mesosulfuron-methyl (9 g/L)	B	
Navigator	1,0 L	Cloquintocet-méxyl (11,25g/L)	-	Syngenta Maroc
		Florasulame (5g/L)	B	
		Pinoxaden (45g/L)	A	
Othello	1,0 L	Diflufenican (50 g/L)	F1	SAOAS (Bayer SA)
		Iodosulfuron-méthyl-sodium (2,5 g/L)	B	
		Mefenpyr-diethyl (22,5g/L)	-	
		Mesosulfuron-methyl (7,5g/L)	B	
Pallas 45 OD	0,5 L	Cloquintocet-méxyl (90 g/L)	-	Promagri
		Pyroxsulame (45 g/L)	B	
Swipe	1,0 L	Clodinafop-propargyl (30 g/L)	A	Syngenta Maroc
		Cloquintocet-méxyl (7,5 g/L)	-	
		Florasulame (7,5 g/L)	B	
		Pinoxaden (30 g/L)	A	
Herbicides anti- graminées de post-levée				
Axoris ultra	0.75 L	Clodinafop-propargyl (80 g/L)	A	Phyto Beht
		Cloquintocet-méxyl (20 g/L)	-	
Axial 045 EC	1,0 L	Cloquintocet-méxyl (11,25 g/L)	-	Marbar chimie (Syngenta Maroc)
		Pinoxaden (45 g/L)	A	
Axial 050 EC	1,0 L	Cloquintocet-méxyl (12,5 g/L)	-	Marbar chimie (Syngenta Maroc)
		Pinoxaden (50 g/L)	A	

Annexe 1 : (Suite)

Brumby 80 EC	0,75 L	Clodinafop-propargyl (80 g/L)	A	CPCM
		Cloquintocet-méxyl (20 g/L)	-	
Cordon	1,0 L	Fénoxaprop-p-éthyl (69 g/L)	A	CPCM
		Mefenpyr-diethyl (21 g/L)	-	
Fenoxethyl	1,0 L	Fénoxaprop-p-éthyl (69 g/L)	A	Ezzouhour
		Mefenpyr-diethyl (21 g/L)	-	
Herbifort	1,0 L	Fénoxaprop-p-éthyl (69 g/L)	A	Protectagri
		Mefenpyr-diethyl (21 g/L)	-	
Karneka	0,75 L	Clodinafop-propargyl (80 g/L)	A	Soprochiba
		Cloquintocet-méxyl (20 g/L)	-	
Pikto 080 EC	0,75 L	Clodinafop-propargyl (80 g/L)	A	Syngenta Maroc
		Cloquintocet-méxyl (20 g/L)	-	
Puma super	1,0 L	Fénoxaprop-p-éthyl (69 g/L)	A	Bayer SA
		Mefenpyr-diethyl (18,75 g/L)	-	
Rubah	0,75 L	Clodinafop-propargyl (80 g/L)	A	Univers Horticole
		Cloquintocet-méxyl (20 g/L)	-	
Tallis 240 EC	0,25 L	Clodinafop-propargyl (240 g/L)	A	Alfachimie
		Cloquintocet-méxyl (60 g/L)	-	
Topaxos	0,25 L	Clodinafop-propargyl (240 g/L)	A	Agro Spray Technic
		Cloquintocet-méxyl (60 g/L)	-	

Annexe 1 : (Suite)

Tiptop 240/60 EC	0,25 L	Clodinafop-propargyl (240 g/L)	A	Proteco
		Cloquintocet-méxyl (60 g/L)	-	
Topik 080 EC	0,75 L	Clodinafop-propargyl (80 g/L)	A	Marbar chimie (Syngenta Maroc)
		Cloquintocet-méxyl (20 g/L)	-	
Traxos 045 EC	1,2 L	Clodinafop-propargyl (22,5 g/L)	A	SIPP (Syngenta Maroc)
		Cloquintocet-méxyl (6,25 g/L)	-	
		Pinoxaden (22,5 g/L)	A	
Traxos 050 EC	1,0 L	Clodinafop-propargyl (25 g/L)	A	SIPP (Syngenta Maroc)
		Cloquintocet-méxyl (6,25 g/L)	-	
		Pinoxaden (25 g/L)	A	
Herbicides anti- dicotylédones de post-levée				
Adenttis 75 WG	12,5 g	Tribénuron-méthyle (750 g/Kg)	B	Agreva
Agrios 860	0,5 L	2,4-D -sel d'amine (860 g/L)	O	Arzak Seeds Trade
Agroxone F	1,25 L	2,4 MCPA -sel de diméthylamine (240 g/L)	O	Marbar-Chimie
		2,4-D (240 g/L)	O	
Al Fahd Mix	1,25 L	2,4 MCPA -sel de diméthylamine (240 g/L)	O	CPCM
		2,4-D -sel de diméthylamine (240 g/L)	O	
Aminopielek	1,25 L	2,4-D -sel d'amine (600 g/L)	O	Soprochiba
Aura	0,5 L	2,4-D -sel d'amine (860 g/L)	O	Agrival
Baton 600	0,75 L	2,4-D - 2-éthylhexyl ester (600 g/L)	O	Capital Agri-Science
Bomba WG	12,5 g	Florasulame (187 g/Kg)	B	Proteco
		Tribénuron-méthyle (563 g/Kg)	B	
Calidicote	0,6 L	2,4-D -sel d'amine (720 g/L)	O	Protectagri

Annexe 1 : (Suite)

Cereprane 480	0,5-0,75 L	2,4-D -sel de diméthylamine (575 g/L)	O	Agro Spray Technic
Cheval et lion	2,0 -3,0 L	2,4-D - 2-éthylhexyl ester (200 g/L)	O	SIPP
Corida 75 WG	12,5 g	Tribénuron-méthyle (750 g/Kg)	B	Philea
Dam	1,0 L	2,4-D -sel d'amine (400 g/L)	O	Philea
Damen	0,5 L	2,4-D -sel d'amine (860 g/L)	O	Lakorale
Dales	30 g	Metsulfuron-méthyle (20%)	B	Kemagro
Deft	30 g	Metsulfuron-méthyle (20%)	B	Alfachimie
Derby 175 SC	0,05 L	Florasulame (75 g/L)	B	Prochimagro
		Flumetsulam (100 g/L)	B	
Desormone	1,0 L	2,4-D -sel de diméthylamine (500 g/L)	O	Amaroc
Dialen Super SL	0,75 L	2,4-D (344 g/L)	O	Syngenta Maroc
		Dicamba -sel de dimethylammonium (120 g/L)	O	
Dicopur	0,5 L	2,4-D -sel de diméthylamine (500 g/L)	O	Agrichimie
Dicostar	12,5 g	Tribénuron-méthyle (75%)	B	Calimaroc
Drass 860	0,5 L	2,4-D -sel d'amine (860 g/L)	O	Arzak Seeds Trade
2 Kat	0,5 L	2,4-D -sel d'amine (860 g/L)	O	Spraykem
El Afrit 200	2-3 L	2,4-D –ester butylglycol (200 g/L)	O	Amaroc
El Caoui 720 SL	0,6 L	2,4-D -sel de diméthylamine (720 g/L)	O	CPCM
El Ghoul	1,0 L	2,4-D -ester isoctylique (480 g/L)	O	SIPP
Fadel	1,0 L	2,4-D -sel de diméthylamine (500 g/L)	O	Kemagro
Granstar 75 DF	12,5 g	Tribénuron-méthyle (75%)	B	Agrimatco
Hdidane ultra	1,0 L	Fluroxypyr (200 g/L)	O	Phyto Beht
Herboxone Combi	1,0 L	2,4 MCPA -sel de diméthylamine (250 g/L)	O	Soprochiba
		2,4-D -sel de diméthylamine (250 g/L)	O	

Annexe 1 : (Suite)

Imbrator 72 SL	0,6 L	2,4-D -sel d'amine (720 g/L)	O	Agro Spray Technic
Lancelot 450 WG	33 g	Aminopyralide (300 g/kg)	O	Promagri
		Florasulame (150 g/Kg)	B	
Lancelot Neo	33 g	Aminopyralide (300 g/kg)	O	Agrimatco
		Florasulame (150 g/Kg)	B	
Lintur 70 WG	150 g	Dicamba (65,9%)	O	Syngenta Maroc
		Triasulfuron (4,1%)	B	
Maton 600	0,6 L	2,4-D -ester butylglycol (600 g/L)	O	Arzak Seeds Trade
Mega 2,4D	0,5 L	2,4-D -sel d'amine (860 g/L)	O	Lakorale
Mengel 24 EC	2,0 L	2,4-D -ester butylglycol (240 g/L)	O	Arzak Seeds Trade
Metro	30 g	Metsulfuron-méthyle (20%)	B	Spraykem
Metsy	30 g	Metsulfuron-méthyle (20%)	B	Calimaroc
Mezzo	30 g	Metsulfuron-méthyle (20%)	B	SIPP
Mustang forte	0,5 L	2,4-D (271,5 g/L)	O	Promagri
		Aminopyralide (10 g/L)	O	
		Florasulame (5 g/L)	B	
Mustang 306 SE	0,6 L	2,4-D (300 g/L)	O	Promagri
		Florasulame (6,25 g/L)	B	
Netagrone 600	0,6 L	2,4-D -ester butylglycol (600 g/L)	O	Agrichimie
Nuance	12,5 g	Tribénuron-méthyle (75%)	B	Agrichimie
Nautilus	30 g	Thifensulfuron méthyle (400 g/Kg)	B	CPCM
		Tribénuron-méthyle (150 g/L)	B	
Poirot WG	12,5	Tribénuron-méthyle (75%)	B	ACI Equipments
Primma Star	12,5	Tribénuron-méthyle (75%)	B	Agrimatco
Printazol 75	1,0 L	2,4 MCPA -sel d'amine (285 g/L)	O	Bayer SA
		2,4-D -sel d'amine (330 g/L)	O	
Procamba	0,5 L	Dicamba -sel dimethylamine (480 g/L)	O	Soprochiba

Annexe 1 : (Suite)

Quelex	60 g	Florasulame (100 g/kg)	B	Promagri
		Halauxifène-méthyle (100 g/kg)	O	
Rama SL	0,5 L	Dicamba -sel dimethylamine (480 g/L)	O	Kemagro
Rasor 72 SL	0,6 L	2,4-D -sel d'amine (720 g/L)	O	Newprotect
Sekator OD	0,15 L	Amidosulfuron (100 g/L)	B	Bayer SA
		Iodosulfuron-méthyl-sodium (25 g/L)	B	
		Mefenpyr-diethyl (250 g/L)	-	
Selectone D55	1,0 L	2,4-D -sel d'amine (550 g/L)	O	Philea
Skylla	12,5 g	Tribénuron-méthyle (75%)	B	CPCM
Starkem 60 WG	10 g	Metsulfuron-méthyle (600 g/Kg)		Arzak Seeds Trade
Tornado SE	0,6 L	2,4-D (300 g/L)	O	SAOAS
		Florasulame (6,25 g/L)	B	
Toro 720 SL	0,6 L	2,4-D -sel de diméthylamine (720 g/L)	O	Promagri
U 46 Combi fluid	0,8 L	2,4 MCPA -sel de diméthylamine (300 g/L)	O	Amaroc
		2,4-D -sel de diméthylamine (350 g/L)	O	
Vega 72 SL	0,6 L	2,4-D -sel d'amine (720 g/L)	O	Capital Agri-Science
Volteo	12,5 g	Tribénuron-méthyle (75%)	B	Agrival
Yedester 225	2,0 L	2,4-D -ester butylglycol (225 g/L)	O	Agrichimie
Zoom	150 g	Dicamba (65,9 %)	O	Syngenta Maroc
		Triasulfuron (4,1 %)	B	

Annexe 2: Code HRAC des herbicides utilisés ou utilisables sur céréales

Code	Fonction physiologique	Site d'action	Familles chimiques	Matières actives
A	Synthèse des lipides	Inhibition de l'acétyl Coenzyme A carboxylase (Accase)	Aryloxyphénoxy propionates (Fops)	Clodinafop-propargyl
				Fénoxaprop-P-éthyle
			Phenylpyrazolines (Den)	Pinoxaden
B	Synthèse des acides aminés	Inhibiteurs de l'acétolactate synthétase (ALS)	Sulfonylurées	Amidosulfuron
				Iodosulfuron-méthyl sodium
				Mesosulfuron-méthyle
				Metsulfuron-méthyle
				Sulfosulfuron
				Thifensulfuron - méthyle
				Triasulfuron
				Tribénuron-méthyle
			Triazolopyrimidines	Florasulame
				Flumetsulame
				Pyroxsulame
			Sulfonyl-amino-carbonyl-triazolinones	Flucarbazone sodium
C1	Photosynthèse	Blocage des électrons du photosystème II	Triazinones	Métribuzine
C2			Urées substituées	Chlortoluron
D	Photosynthèse	Détournement des électrons du photosystème I	Bipyridiles	Diquat
				Paraquat
E	Photosynthèse	Inhibition de la protoporphyrinogène oxydase (PPO)	Pyrimidinediones	Saflufénacil
F1	Photosynthèse	Inhibition de la phytoène désaturase (PDS)	Pyridinécarboxamides	Diflufenican (DFF)
			Furanones	Flurtamone

Annexe 2 : (Suite)

G	Synthèse des acides aminés	Inhibition de la phosphénolpyruvate shykimate synthétase (EPSP)	Glycines	Glyphosate
H	Synthèse des acides aminés	Inhibition de la glutamine synthétase	Acides phosphoniques	Glufosinate-ammonium
K1	Division cellulaire	Inhibition de l'assemblage des microtubules	Dinitroanilines	Pendiméthaline
K3	Synthèse des lipides	Inhibition des enzymes élongases et de cyclisation (cires et subérine)	Oxyacétamides	Flufenacet
		Inhibition des enzymes de cyclisation et géranyl géranyl phosphate (gibbérellines)	Thiocarbamates	Prosulfocarbe
				Triallate
O	Régulation de l'auxine	Activation de la division et de l'élongation cellulaire (croissance désorganisée)	Acides phenoxy-carboxyliques	2,4 D
				MCPA
			Acides benzoïques	Dicamba
			Acides pyridine carboxyliques	Aminopyralide
				Clopyralide
			Pyridyloxy-carboxyliqes	Fluroxypyr
			Arylpicoliniques	Halauxifène-méthyle

Annexe 3: Adresses des Sociétés ou détenteurs des herbicides cités

ACI EQUIPMENTS

Siège social : 27, Lotissement Zeina, Zone industrielle, Bouskoura, - Casablanca –
Tél. : 0522405329/30
Fax : 0522405335
Email : aci@menara.ma ; aci.equipments@hotmail.fr

AGREVA

Siège social : N° 41, Parc industriel Ouled Saleh C.F.C.I.M.- Nouaceur –
Tél. : 0522590959
Email : noureddine_chetoui@yahoo.fr

AGRI TRADE MAROC

Siège social : 108, Boulevard Ambassadeur Ben Aicha- Casablanca
Tél. : 052245900
Fax : 052245885

AGRICHIMIE

Siège social : Km 9,5, Bd Chefchaouni- Casablanca –
Tél. : 05 22340147/22340095
Fax : 05 22352295
Email : c.agri@caramail.com

AGRIMATCO

Siège social : 27, Boulevard Zerktouni B.P. : 20360- Casablanca –
Tél. : 0522487661/62/63
Fax : 0522487664
Email : agrimatco.maroc@agrimatco-af.com

AGRIPHARMA

Siège social : 2, Allée des Villas (T), Aïn Sebâa- Casablanca –
Tél. : 0522355927/355713
Fax : 0522356122

AGRIVAL

Siège social : 49-53, Rue Capitaine Thiriat, Aïn Borja- Casablanca -

AGRO SPRAY TECHNIC

Siège social : Lot N° 28, Quartier Industriel Takadoum- Rabat –
Tél. : 0537638432/62
Fax : 0537638537
Email : info@agrospraytechnic.ma

ALFACHIMIE

Siège social : Immeuble Matignon, Nouveau Quartier des Affaires, Colline 2, Lot 5, 4éme Étage - Sidi Maarouf- Casablanca –
Tél. : 0522321311/1289
Fax : 0522321293

AMAROC

Siège social : 152 - Bd Abdellah Ben Yacine - 20300- Casablanca –
Tél. : 0522242471/72Fax : 0522244453Email : contact@amaroc-agro.com

ARZAK SEEDS TRADE

Siège social: 61, Rue Allal Ben Ahmed Amkik - Belvédère - 20300- Casablanca
Tél. : 0522800344/0435
Fax : 0522800257

Annexe 3 : (Suite)

BASF MAROC

Siège social : La Marina, Tour Ivoire 3, 2éme étage - 20000 CASABLANCA -- Casablanca –
Tél. : 0522355719/66/76
Fax : 0522350136
Email : tarik.elbilali@basf.com

BAYER SA

Siège social : Bd. Sidi Mohamed Ben Abdellah, Casablanca Marina, Tours d'Ivoire 1, Etage 3,- Casablanca –
Tél. : 0522954822
Fax : 0522392413
Email : samira.amellal@bayer.com

CALIMAROC

Siège social : 82 - Rue des Oudayas La Villette- Casablanca –
Tél. : 0522623715/3664
Fax : 0522623904
Email : calimaroc@menara.ma

CAPITAL AGRI-SCIENCE

Siège social : 39, Boulevard Lalla Yacout – 5 éme Étage – Appt. D 20080- Casablanca –
Tél. : 05 22 33 87 27
Fax : 05 22 33 80 34
Email : commercial@capitalagriscience.ma

CPCM

Siège social : Boulevard Oukat Badi 20300- Casablanca –
Tél. : 0522402070/1296
Fax : 0522248344
Email : cpcm@cpcm.ma

EZZOUHOUR

Siège social : Zone Industrielle, Lot. 652, Ait Melloul –
Tél. : 0528240569
Fax : 0528241820
Email : info@ezzouhour.ma

KEMAGRO

Siège social : Ichrak Center Immeuble N° 26, bureau N° 8, Route d'El Jadida, Lissasfa 20200,- Casablanca –
Tél. : 0522921616
Fax : 0522921290
Email : kemagro@menara.ma

LAKORALE

Siège social : Hay El Farah, Rue 88, N° 94, 1er étage Casablanca El Fida- Casablanca –
Tél. : 0522964200
Fax : 0522963287
Email : lakorale@menara.ma

MARBAR-CHIMIE

Siège social : Route 110, Bd Aicha Bent Haimoud, Zi, Aïn Sebâa- Casablanca –
Tél. : 0522354200/4686
Fax : 0522354204

NEWPROTECT

Siège social : 10 Rue Liberté, 3 ème étage, Appt. N° 5,- Casablanca
Tél. : 0522561507/0522450415/0661687666
Fax : 0522564080
Email : newprotect18@gmail.com

Annexe 3 : (Suite)

PHILEA

Siège social : 39, Rue de Lille - Bélvédère 20310- Casablanca –
Tél. : 0522541911/12
Fax : 0522541913
Email : philea@menara.ma

PHYTO BEHT

Siège social : 3, Avenue Maghreb Al Arabi- Sidi Slimane –
Télé ; 0537501495. Fax : 0537502165

PROCHIMAGRO

Siège social : Km 40, Route El Jadida, Bir Jdid- Settat -

PROMAGRI

Siège social : B.P. : 27 - Sidi Maarouf-Casablanca –
Tél. : 0522335054/59/79
Fax : 0522335164
Email : contact@promagri.com ; promagri@menara.ma

PROTECO

Siège social : Angle Avenue Hassan II, 1, Rond Point Saint-Exupéry, N° 24, 4ème étage- Casablanca –
Tél. : 0522475050/5734
Fax : 522222660
Email : PROTeco@protecomaroc.ma

PROTECTAGRI

Siège social : 24 - Rue Rahal Ben Ahmed Résidence Lamyae- Casablanca
Tél. : 0522619130
Fax : 0522619130

SAOAS

Siège social : Zone Industrielle Tassila III- Agadir –
Tél. : 0528331010
Fax : 0528333582
Email : elhoussaini@saoas-maroc.com

SIPCAM INAGRA MAROC

Siège social : Quartier industriel, Rue 206, N° 260,- Kénitra –
Email : info@sipcam.es

SIPP

Siège social : 158, Boulevard Abdellah Ben Yacine- Casablanca –
Tél. : 0522409556/ 0522409557 ; 0522409558 ; 0522409559
Fax : 0522409560
Email :

SIPSOPROCHIBA

Siège social : 13, Rue de Meknès, Hay Hassani- Berkane –
Tél. : 0523342833/23352106
Fax : 05 23 34 08 06
Email : soprochiba@hotmail.com

Annexe 3 : (Suiote)

SPRAYKEM

Siège social : 16, rue Bab Al Mandab, quartier Racine, - Casablanca –
Tél. : 0674563017
Email : fmmaison@hotmail.com

SYNGENTA MAROC

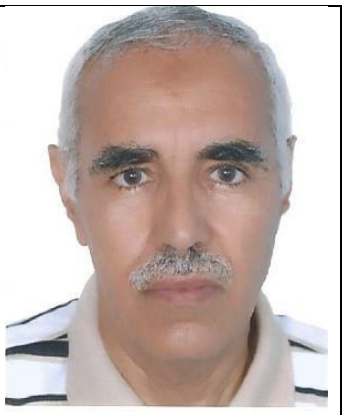
Siège social : Imm. N° 8, Angle Avenue Mehdi Ben Barka & Rue Eugénia, 2ème Étage, Hay Riad -10100- Rabat
Tél. : 0522667928
Fax : 0537570734
Email : abderrahim.maamar@syngenta.com

UNIVERS HORTICOLE

Siège social : Lot N° A 430, Zone Industrielle- Ait Melloul–
Tél. : 0528308555
Fax : 0528308557
Email : univershorticoletd@menara.ma

Je dédie ce modeste ouvrage tout d'abord à la mémoire de mes chers parents et ensuite à mon épouse Hajja Mina, à ma fille Dre. Sara, mon fils Zakaria, mes sœurs Fatima, Khadija et Zahra et mes frères Haj Hassan et Khalid.

Mohamed BOUHACHE



*** Pr. Mohamed BOUHACHE est né en 1954 à Aït Melloul (Agadir)**

*** Diplôme d'Agronomie Générale en 1979, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat (I.A.V. Hassan II).**

*** Diplôme d'Agronomie Approfondie (DAA) en 1980, option protection des plantes, Institut National d'Agronomie, Paris, France**

*** Diplôme d'Ingénieur d'état en Agronomie en 1981, option protection des plantes, I. A.V. Hassan II, Rabat.**

*** Doctorat ès- Sciences Agronomiques en 1989, University of California at Davis (USA) et I.A.V. Hassan II.**

*** Enseignant-chercheur à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II de 1981 à 2019.**

*** Président de l'Association Marocaine de Malherbologie (AMM).**

*** Co-fondateur et ex Président de l'Association Marocaine de Protection des Plantes (AMPP).**

*** Fondateur et Editeur en chef de la «Revue Marocaine de Protection des Plantes» depuis 2009.**

*** Evaluateur scientifique de plusieurs revues nationales et internationales dans le domaine de la Malherbologie.**

*** Auteur et co-auteur d'environ 250 articles scientifiques et techniques dans des revues nationales, internationales, colloques nationaux et internationaux.**

*** Co-auteur de deux ouvrages scientifiques (Atlas des Mauvaises Herbes du Souss et Index Phytosanitaire du Maroc).**

*** Expert international de la FAO dans le domaine de la Malherbologie.**

*** Membre de plusieurs associations marocaines et internationales de malherbologie et/ou de protection des plantes.**