



Thèse en vue de l'obtention du diplôme de  
**Doctorat en Sciences Agronomiques**  
Option

« Production Agricole et Développement Agricole Durable »

présentée par **Elong Menna Ilhem**

**Thème**

**Analyse fonctionnelle de la compétition  
pour les ressources entre la culture et la  
flore spontanée dans un agrosystème  
céréalié en milieux semi-arides**

**Devant le jury :**

Président	Lotmani	Brahim	Pr	Université de Mostaganem
Promoteur	Larid	Mohamed	Pr	Université de Mostaganem
Examineur	Ghezlaoui	Baha Eddine	Pr	Université de Tlemcen
Examineur	Haddad	Ahmed	Pr	Université de Mostaganem
Examineur	Belkhodja	Mouley	Pr	Université d'Oran
Invité d'honneur	Taibi	Khaled	MCA	Université de Tiaret



Thèse en vue de l'obtention du diplôme de  
**Doctorat en Sciences Agronomiques**

**Option**

« **Production Agricole et Développement Agricole Durable** »

présentée par **Elong Menna Ilhem**

**Thème**

**Analyse fonctionnelle de la compétition  
pour les ressources entre la culture et la  
flore spontanée dans un agrosystème  
céréaliier en milieux semi-arides**

**Devant le jury :**

Président	Lotmani	Brahim	Pr	Université de Mostaganem
Promoteur	Larid	Mohamed	Pr	Université de Mostaganem
Examineur	Ghezlaoui	Baha Eddine	Pr	Université de Tlemcen
Examineur	Haddad	Ahmed	Pr	Université de Mostaganem
Examineur	Belkhodja	Mouley	Pr	Université d'Oran
Invité	Taibi	Khaled	MCA	Université de Tiaret

<b>Sommaire</b>	<b>Page</b>
<b>Dédicaces</b>	<b>01</b>
<b>Remerciements</b>	<b>03</b>
<b>Liste des figures</b>	<b>04</b>
<b>Liste des tableaux</b>	<b>05</b>
<b>Introduction générale</b>	<b>07</b>
<b>CHAPITRE I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
1.1. Les enjeux actuels de l'agriculture et de la gestion des adventices	<b>10</b>
1.2. Présentation générale et importance du blé dans les systèmes de cultures	<b>10</b>
1.2.1. Historique et origine du blé	<b>11</b>
1.2.2. Classification du blé dur	<b>11</b>
1.2.3. Description botanique du blé dur	<b>12</b>
1.2.4. Cycle de vie du blé dur	<b>14</b>
1.2.5. Exigences de la culture du blé	<b>15</b>
A. Edaphiques	<b>15</b>
B. Températures	<b>15</b>
C. Lumière	<b>15</b>
D. Eau	<b>16</b>
E. Fertilisants	<b>16</b>
1.3. Situation de la céréaliculture en Algérie	<b>20</b>
1.3.1. Superficies emblavées et production du blé	<b>20</b>
1.3.2. Contraintes et limites de production	<b>22</b>
1.3.3. Itinéraire technique des céréales d'hiver	<b>23</b>
1.4. Adventices et compétition	<b>25</b>
1.4.1. Définitions de la flore adventice	<b>25</b>
1.4.2. Principales adventices des grandes cultures en Algérie	<b>26</b>
1.4.3. Types biologiques et modes de reproduction des adventices	<b>28</b>
A. Les espèces annuelles (Thérophytes)	<b>28</b>
B. Les espèces bisannuelles (Hémicryptophytes)	<b>29</b>
1.4.4. Impact économique des adventices	<b>29</b>
1.4.5. Influence agronomique des adventices	<b>30</b>
1.4.6. La nuisibilité des adventices	<b>30</b>
A. Concurrence	<b>30</b>
B. Allélopathie	<b>31</b>
C. Dépréciation	<b>31</b>
D. Développement des ravageurs et maladies	<b>31</b>
1.4.7. Processus de la compétition	<b>31</b>
1.4.8. Utilisation des adventices comme plantes de service	<b>32</b>
A. Amélioration des caractéristiques du sol	<b>32</b>
B. Lutte contre les bio-agresseurs	<b>33</b>

C. Préservation de la biodiversité, des pollinisateurs et de la faune du sol	33
1.5. Description des plantes adventices utilisées	35
1.5.1. <i>Galium aparine</i>	35
A. Nomenclature de l'espèce	35
B. Classification botanique	35
C. Description botanique	35
D. Origine, habitat et répartition géographique	37
1.5.2. <i>Fumaria officinalis</i>	38
A. Nomenclature de l'espèce	38
B. Classification botanique	38
C. Description botanique	39
D. Origine et répartition géographique	39
1.5.3. <i>Vicia sativa</i> (vesce commune)	40
A. Nomenclature de l'espèce	40
B. Classification botanique	42
C. Description botanique	42
D. Origine et répartition géographique	43
<b>CHAPITRE II. MATÉRIELS ET MÉTHODES</b>	
2.1. Objectif de l'étude	44
2.2. Présentation de la zone d'étude	44
2.2.1. Situation géographique	44
2.2.2. Aptitudes culturales de la zone d'étude	44
2.2.3. Aperçu climatique	46
A. Températures	47
B. Précipitations	47
C. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen	47
D. Climagramme d'Emberger	48
E. Vents	49
F. Humidité relative	50
G. Gelée	51
2.3. Choix du site expérimental	51
2.4. Approche méthodologique	53
2.4.1. Protocole expérimental	53
2.4.2. Outils et appareils utilisés	55
2.4.3. Matériel biologique	56
2.4.4. Caractérisation physico-chimique	56
A. Échantillons de sol	56
B. Échantillons de la partie aérienne du blé et adventices	57
C. Mode opératoire	57
1. Détermination du pH <sub>KCl</sub>	57

2. Mesure de la conductivité électrique	58
3. Dosage du calcaire total	58
4. Dosage du calcaire actif	58
5. Dosage de l'azote total	59
6. Dosage du phosphore assimilable	59
7. Dosage des éléments minéraux	59
8. Dosage de la matière organique	60
2.4.5. Traitement statistique des données	61
<b>CHAPITRE III. RÉSULTATS</b>	
3.1. Impacts des adventices sur la concentration en éléments minéraux	62
3.1.1. Dans le sol avant semis, stade épiaison et fin saison	62
A. L'azote total (N)	62
B. Le phosphore assimilable (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	62
C. Le potassium (K <sub>2</sub> O)	63
D. Le sodium (Na)	64
E. Le calcium (Ca)	64
F. La matière organique (MO)	65
G. Le CaCO <sub>3</sub> Total	66
H. Le CaCO <sub>3</sub> Actif	67
3.1.2. Dans la partie aérienne de la plante au stade épiaison	67
A. L'azote total (N)	67
B. Le phosphore assimilable (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	68
C. Le potassium (K)	69
D. Le sodium (Na)	70
E. Le calcium (Ca)	71
3.2. Impacts des adventices sur les paramètres de rendement du blé dur	73
3.2.1. Le nombre de talles par plant de blé dur	73
3.2.2. Le nombre d'épis /m <sup>2</sup>	73
3.2.3. Le nombre de graines par épi	74
3.2.4. Le poids des graines par épi	74
3.2.5. La hauteur des plants de blé	75
3.3. Interprétation des résultats de l'analyse des données	76
3.3.1. Analyse en composantes principales (ACP)	76
3.3.2. Analyse de la variance (ANOVA)	79
<b>CHAPITRE IV. DISCUSSIONS</b>	
4.1. Impact des adventices sur la nutrition minérale du blé dur	82
4.2. Impact des adventices sur les paramètres de rendement du blé dur	84
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE</b>	<b>87</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	



# Dédicaces

*À mes très chers parents*

*Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour dans lequel je vous porte, ni la profonde gratitude que je vous témoigne pour tous les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon éducation, mon instruction et mon bien être.*

*De tous les pères, vous êtes le meilleur.*

*Papa, vous avez été et vous serez toujours un exemple pour moi par vos qualités humaines, votre persévérance et perfectionnisme.*

*Pourriez-vous trouver dans ce travail le fruit de toutes vos peines et tous de vos efforts.*

*En ce jour, j'espère réaliser l'un de vos rêves.*

*Mama, source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice. Votre prière et votre bénédiction m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie.*

*Quoique je puisse dire et écrire, je ne pourrais jamais exprimer ma grande affection et ma profonde reconnaissance. Je n'espère ne jamais vous décevoir, ni trahir votre confiance et vos sacrifices.*

*Je vous aime Papa et Mama*

*À mes très chères sœurs*

*Ouissam, Nedjla, Radhia, Fatima Zohra et Nesma*

*Des sœurs comme on ne peut en trouver nulle par ailleurs,  
Vous étiez à mes côtés pendant toutes les étapes de ma vie, j'en suis très  
reconnaissante de votre soutien inconditionnel et vos encouragements  
permanents.*

*Vous avez partagé avec moi les meilleurs moments de ma vie.  
Aux moments les plus difficiles, vous n'avez pas cessé de me soutenir et  
de m'épauler.*

*À mon mari*

*Tu es unique*

*Je suis très reconnaissante de ta compréhension, tes encouragements et  
surtout ton soutien moral.*

*Je remercie le bon Dieu qui a croisé nos chemins.*

*À mes adorables filles*

*Merci d'avoir donné un sens à ma vie, mes belles Basma et Amal*

*À ma très chère grand-mère*

*À mes beaux-parents, ma belle-sœur Nesrine et mon beau-frère Said*

## Remerciements

À l'issue de la rédaction de cette recherche, je suis convaincue que la thèse est loin d'être un travail solitaire. En effet, je n'aurais jamais pu réaliser ce travail doctoral sans le soutien d'un grand nombre de personnes dont la générosité, la bonne humeur et l'intérêt manifestés à l'égard de ma recherche m'ont permis de progresser dans cette phase délicate.

En premier lieu, je tiens à remercier mon Directeur de thèse, le Professeur Larid Mohamed, pour la confiance qu'il m'a accordée en acceptant d'encadrer ce travail doctoral, pour ses multiples conseils et pour tout le temps qu'il a consacré à diriger cette recherche. J'ai été extrêmement sensible à ses qualités humaines d'écoute et de compréhension tout au long de ce travail doctoral.

Mes remerciements vont également au Pr Lotmani Brahim pour avoir accepté de présider ce jury de thèse, au Pr Ghezlaoui Baha Eddine et Pr Haddad Ahmed et au Dr Tifiani Choukri d'avoir bien voulu accepter d'examiner mon modeste travail de doctorat.

Je suis infiniment gré à monsieur Taibi Khaled de s'être rendu disponible pour la soutenance.

Mon travail de recherche sur le terrain a été particulièrement facilité par la directrice de la ferme pilote HAIDAR à Tiaret et je tiens à exprimer ma reconnaissance à Madame Fatima.

Je souhaite aussi exprimer ma gratitude à monsieur le directeur de l'INSID de Ksar Chellala pour l'intérêt dont il a fait preuve envers ma recherche, les moyens qu'il a mis en œuvre pour me donner accès au laboratoire ainsi que pour son accueil enthousiaste à chaque fois que je l'ai rencontré.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance à madame Fatima, responsable du laboratoire de l'écologie à l'université de Tiaret pour la liberté qu'elle m'a accordée pour réaliser mes expériences et mes analyses dans son laboratoire. Merci également à toute l'équipe du laboratoire pour leur accueil chaleureux.

Et, je tiens aussi à exprimer toute ma gratitude à tous mes enseignants du primaire jusqu'au supérieur pour tous les efforts consentis afin de nous transmettre éducation, savoir et science.

<b>Liste des figures</b>		
<b>N°</b>	<b>Intitulé</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Fiche descriptive de <i>Triticum durum</i> L.	<b>13</b>
<b>02</b>	Cycle de vie d'un plant de blé	<b>14</b>
<b>03</b>	Evolution des besoins en N, P et K pour la culture du blé	<b>17</b>
<b>04</b>	Production nationale en céréales	<b>21</b>
<b>05</b>	Evolution de la production de blé en Algérie	<b>21</b>
<b>05 bis</b>	Production nationale des céréales par zone	<b>22</b>
<b>06</b>	Itinéraire technique des céréales d'hiver	<b>24</b>
<b>07</b>	La partie aérienne du <i>Galium aparine</i>	<b>36</b>
<b>08</b>	La partie aérienne de <i>Fumaria officinalis</i>	<b>40</b>
<b>09</b>	La partie aérienne de <i>Vicia sativa</i>	<b>43</b>
<b>10</b>	Carte de situation de la zone d'étude	<b>45</b>
<b>10 bis</b>	Carte d'aptitude des terres selon leurs potentialités	<b>45</b>
<b>11</b>	Carte des étages bioclimatiques en Algérie	<b>47</b>
<b>12</b>	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen	<b>48</b>
<b>13</b>	Climagramme d'Emberger (région de Tiaret)	<b>49</b>
<b>14</b>	Rose des vents de la région de Tiaret	<b>50</b>
<b>15</b>	Situation de la ferme pilote	<b>52</b>
<b>16</b>	Situation de la parcelle expérimentale	<b>52</b>
<b>17</b>	Approche méthodologique de l'expérimentation	<b>54</b>
<b>18</b>	Dispositif expérimental avec 03 répétitions	<b>55</b>
<b>19</b>	Concentration de l'azote total dans le sol (N%)	<b>62</b>
<b>20</b>	Concentration du phosphore assimilable dans le sol (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	<b>63</b>
<b>21</b>	Concentration du potassium dans le sol (K <sub>2</sub> O)	<b>63</b>
<b>22</b>	Concentration du sodium dans le sol (Na)	<b>64</b>
<b>23</b>	Concentration du calcium dans le sol (Ca)	<b>65</b>
<b>24</b>	Concentration de la matière organique dans le sol (MO)	<b>66</b>

<b>25</b>	Concentration du calcaire total dans le sol ( $\text{CaCO}_3$ total)	<b>66</b>
<b>26</b>	Concentration du calcaire actif dans le sol ( $\text{CaCO}_3$ actif)	<b>67</b>
<b>27</b>	Concentration de l'azote total (N%) au niveau du sol et de la partie aérienne de la plante	<b>68</b>
<b>28</b>	Accumulation de l'azote total (N%) dans la partie aérienne des plants du blé dur ( <i>Td</i> ) au stade épiaison	<b>68</b>
<b>29</b>	Concentration du phosphore assimilable ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) au niveau du sol et de la partie aérienne de la plante	<b>69</b>
<b>30</b>	Accumulation du phosphore assimilable ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) dans la partie aérienne des plants du blé dur ( <i>Td</i> ) au stade épiaison	<b>69</b>
<b>31</b>	Concentration du potassium ( $\text{K}_2\text{O}$ ) au niveau du sol et de la partie aérienne de la plante	<b>70</b>
<b>32</b>	Accumulation du potassium ( $\text{K}_2\text{O}$ ) dans la partie aérienne des plants du blé dur ( <i>Td</i> ) au stade épiaison	<b>70</b>
<b>33</b>	Concentration du sodium (Na) au niveau du sol et de la partie aérienne de la plante	<b>71</b>
<b>34</b>	Accumulation du sodium (Na) dans la partie aérienne des plants du blé dur ( <i>Td</i> ) au stade épiaison	<b>71</b>
<b>35</b>	Concentration du calcium (Ca) au niveau du sol et de la partie aérienne de la plante	<b>72</b>
<b>36</b>	Accumulation du calcium (Ca) dans la partie aérienne des plants du blé dur ( <i>Td</i> ) au stade épiaison	<b>72</b>
<b>37</b>	Impacts des adventices sur le nombre de talles par plant de la culture du blé dur ( <i>Td</i> ).	<b>73</b>
<b>38</b>	Impacts des adventices sur le nombre d'épis par $\text{m}^2$ de la culture du blé dur ( <i>Td</i> ).	<b>73</b>
<b>39</b>	Impacts des adventices sur le nombre de graines par épi de la culture du blé dur ( <i>Td</i> ).	<b>74</b>
<b>40</b>	Impacts des adventices sur le poids des graines par épi de la culture du blé dur ( <i>Td</i> ).	<b>75</b>
<b>41</b>	Impacts des adventices sur la hauteur des plants de blé dur ( <i>Td</i> )	<b>75</b>
<b>42</b>	Variables quantitatives utilisées pour la réalisation de l'ACP	<b>77</b>

<b>43</b>	Cercle de corrélation des variables suivant les éléments minéraux (A) et répartition des combinaisons d'espèces pendant la période épiaison	<b>78</b>
<b>44</b>	Cercle de corrélation des variables suivant les paramètres du rendement de la culture du blé dur (A) et répartition des combinaisons d'espèces pendant la fin de saison	<b>78</b>

### Liste des tableaux

<b>N°</b>	<b>Intitulés</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Monocotylédones caractéristiques des grandes cultures en Algérie	<b>27</b>
<b>02</b>	Dicotylédones caractéristiques des grandes cultures en Algérie	<b>27</b>
<b>03</b>	Quelques exemples étudiés par les scientifiques sur l'association des adventices avec les cultures	<b>34</b>
<b>04</b>	Les différentes nomenclatures de <i>Fumaria officinalis</i>	<b>38</b>
<b>05</b>	Caractéristiques du blé dur <i>Triticum durum</i> var siméto	<b>56</b>
<b>06</b>	Récapitulatif de l'ANOVA sur l'impact des adventices sur la concentration des éléments organo-minéraux du sol	<b>81</b>

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'agriculture mondiale a connu au cours des dernières décennies une forte augmentation de sa productivité, nécessaire pour satisfaire les besoins nutritionnels d'une population mondiale en constante augmentation (Tilman *et al.*, 2002). Cette augmentation de la productivité a été le fruit d'une intensification de la conduite des systèmes de culture, à travers en particulier une utilisation massive des intrants (tels que les engrais et les produits phytosanitaires) associée à un recours intense à la mécanisation (Mignolet, 2003).

Stratégique pour la majorité des populations mondiales, le blé appartient à la famille des graminées (Gramineae) qui fait la vocation des régions arides et semi-arides d'Algérie (Bouthiba *et al.*, 2008).

Dans une agriculture moderne, le désherbage chimique des principales cultures en outre les céréales est devenu une opération de routine parmi les techniques culturales. Différentes raisons socio-économiques et environnementales plaident aujourd'hui pour une rationalisation accrue du désherbage chimique afin d'éviter au maximum les traitements qui se sont avérés inutiles ou superflus. A l'échelle de la parcelle, tout programme de désherbage devrait être envisagé éventuellement en fonction des risques de nuisibilité que les adventices font courir aux plantes cultivées et des dégâts potentiels sur les produits de récolte.

Or, tout programme de désherbage doit s'inscrire dans un itinéraire technique de culture et se prévoit en termes économiques, alors que la nuisibilité due aux adventices, dite aussi « nuisibilité adventice », s'évalue à partir de données expérimentales mesurées en biologie des populations dans un milieu artificiellement créé par l'homme : l'**agrosystème** où il est conseillé de gérer les adventices à des fins utiles comme plantes de service.

Ainsi, dans cet état d'esprit, une productivité élevée de la culture du blé exige un contrôle et une bonne utilisation des adventices (Siyahpoosh *et al.*, 2012). Mais, la lutte contre les adventices au cours des dernières décennies a suscité l'emploi intensif d'herbicides causant de graves problèmes de pollution et d'atteinte à la biodiversité (Zhang *et al.*, 2015). Les fertilisants chimiques sont les principaux facteurs de maintien de la fertilité du sol, mais une plus grande application avec une gestion inadéquate réduit la disponibilité de la matière organique dans le sol (Galal et Shehata, 2015) et réduit le nombre des adventices (Franke *et al.*, 2005).

Face à cette dégradation des patrimoines « sol et espèces végétales », de nombreux pays en développement sont amenés à repenser leur mode de gestion tout en procédant aux restrictions dans l'utilisation des herbicides et la promotion d'agroécosystèmes (Olesen *et al.*, 2004). La présence des adventices avec les cultures cultivées peut nuire à la production et à la qualité de la récolte en les concurrençant pour la lumière, l'humidité, les nutriments et l'espace (Ashenafi et Dalga, 2014) mais peut aussi leur être d'une utilité non négligeable si elles sont prises en considération. Il a été constaté que la perte de rendement des grains de blé atteint 30% en raison de l'infestation des adventices (Khan *et al.*, 2016). D'un autre côté, de nombreuses études indiquent que la diversité des adventices peut avoir des impacts positifs sur le fonctionnement des agroécosystèmes (Albrecht, 2003, Franke *et al.*, 2009, Norris et Kogan, 2005).

La flore adventice se définit de manière très générale comme l'ensemble des plantes qui se développent spontanément dans les milieux modifiés par l'homme (Meunault et Rousseau, 1902). La dénomination « adventices » désigne l'ensemble des plantes adventices (Bouscasse, 1883) qui, par leur développement, gênent les activités humaines agricoles. Dans les agrosystèmes, ces espèces peuvent être perçues comme une gêne pour l'espèce cultivée et la réalisation de certaines activités agricoles. Par leur présence et leur abondance, elles peuvent constituer un risque de pertes de revenus pour l'agriculteur en réduisant la quantité et la qualité de la récolte ou en ralentissant son travail (Zimdahl, 2013).

La nuisibilité des adventices dans une culture annuelle a été caractérisée dans la littérature scientifique selon trois grands types (Caussanel, 1989) :

- **La nuisibilité primaire directe**, quand les adventices concurrencent par compétition ou réduisent par allélopathie la croissance et/ou le développement de la plante cultivée,
- **La nuisibilité primaire indirecte**, quand les plantes adventices diminuent l'état sanitaire de la culture ou la qualité de la récolte ou augmentent le coût des travaux culturaux, etc.,
- **La nuisibilité secondaire**, quand les plantes adventices grainent et réalimentent le stock semencier du sol, pouvant conduire à amplifier la nuisibilité les années suivantes.

La nuisibilité primaire directe se caractérise principalement (si on néglige l'allélopathie) par la compétition qu'exercent les adventices sur les plantes cultivées pour les ressources (eau, lumière et nutriments). D'un point de vue écologique, la compétition se définit comme une relation négative entre deux individus (de même espèce ou d'espèces différentes) qui se partagent une même ressource limitée (Clements *et al.*, 1929).

Ainsi, le niveau de compétition dépend du niveau des ressources disponibles, de la durée de co-occurrence des individus, de la densité et de l'aptitude des individus à prélever ces ressources. Or les ressources et la densité des espèces adventices sont fortement variables dans le temps et l'espace, et dépendent très largement des conditions pédoclimatiques et des pratiques des agriculteurs.

Ce travail de thèse mené à la ferme pilote « Haidar » a pour objectif d'orienter les systèmes agricoles vers des systèmes plus respectueux de l'environnement qui répondent à la fois aux enjeux d'une agriculture durable et aux enjeux de la sécurité alimentaire mondiale (Touzi shili, 2002). C'est dans ce sens que notre étude sera orientée où il sera démontré que les adventices peuvent devenir des plantes de service si elles sont utilisées d'une manière plus efficace. Le sujet de la thèse s'inscrit dans un objectif général d'approfondissement des connaissances sur les interactions de compétition entre la culture du blé dur en association avec trois espèces d'adventices pour les ressources nutritives du milieu, ainsi que d'évaluation de l'impact de ces adventices sur le rendement de la plante étudiée.

Le manuscrit s'organise autour de quatre chapitres. Dans un premier temps, une revue de la littérature sur notre thématique et qui nous a permis de proposer un cadre d'analyse général, de fournir une grille de lecture proposant des combinaisons pertinentes de choix en fonction des mécanismes étudiés. Le second chapitre est consacré à la présentation de l'approche que l'on a adoptée pour répondre aux objectifs de la thèse. Une synthèse générale des résultats obtenus concernant la compétition entre les adventices et la culture du blé dur durant les trois stades choisis est exposée en détail dans le troisième chapitre. Une vaste discussion et les perspectives de ce travail sont présentées dans le dernier chapitre.

## CHAPITRE I - SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

### 1.1. Les enjeux actuels de l'agriculture et de la gestion des adventices

Les conséquences de l'utilisation intense d'herbicide sont doubles : une spécialisation de la flore et la contamination du milieu par les résidus de ces matières actives. La flore adventice évolue sous l'effet des pratiques vers une flore souvent qualifiée de « difficile », soit parce que peu de solutions herbicides efficaces existent sur les espèces sélectionnées par le système comme c'est le cas par exemple des bromes dans les systèmes céréaliers sans labour ou soit parce que des biotypes résistants apparaissent et se développent (Valantin-Morisson *et al.*, 2008).

La gestion des adventices est notamment réalisée par l'application d'herbicides ou d'autres moyens agronomiques. Toutefois, la dépendance aux herbicides est souvent coûteuse et génère des impacts grandissants comme la contamination des eaux, du sol, des produits agricoles et l'apparition d'espèces adventices résistantes. En effet, les résidus d'herbicides sont fréquemment identifiés dans les suivis de la qualité des eaux des rivières et nappes souterraines (Tlig *et al.*, 2012) finissant ainsi dans la majorité des produits agricoles que nous consommons.

### 1.2. Présentation générale et importance du blé dans les systèmes de cultures

Les céréales tiennent de loin, la première place quant à l'occupation des terres agricoles, parce qu'elles servent d'aliments de base pour une grande proportion de la population mondiale. En Algérie, le groupe des céréales et dérivées, occupe aujourd'hui une place prépondérante dans la consommation alimentaire des ménages algériens puisqu'il occupe la première place dans le budget alimentaire des ménages algériens (Brahim *et al.*, 2017). Les céréales représentent ainsi la principale spéculation et draine plusieurs activités de transformation ; en semoulerie, en boulangerie et en industrie agro-alimentaire (Feddal, 2014). Depuis l'indépendance, une forte demande se faisait sentir sur le blé dur (Hakimi, 1993). Actuellement, le pays se classe au premier rang mondial pour la consommation de blé avec une moyenne dépassant largement les 200 kg/hab/an (Hervieu *et al.*, 2006) et pratiquement le premier pays importateur.

### 1.2.1. Historique et origine du blé

La culture de blé est très ancienne, on trouve ses traces dès le néolithique. Le blé a été cultivé 2700 ans avant notre ère en Chine. Les civilisations babyloniennes et égyptiennes se sont développées autour du blé (Moule, 1980).

Selon Grignac (1978), le Moyen-Orient est considéré comme l'origine géographique où coexisteraient les espèces parentales du blé. Selon le même auteur, c'est à partir de cette zone d'origine que l'espèce s'est différenciée vers trois différentes régions : le bassin occidental de la Méditerranée, le sud de l'ex URSS et le Proche Orient, chaque centre de différenciation donne des caractères morphologiques et physiologiques particuliers.

L'Afrique du Nord est considérée comme un centre secondaire de diversification de l'espèce (Chikhi, 1992). Le genre *Triticum* appartient à la tribu des Triticées, la sous-famille des *Pooideae* au sein de la famille des Poacées et plus largement au groupe des angiospermes monocotylédones.

Le blé dur (*Triticum turgidum ssp. durum*) est une monocotylédone de la famille des graminées, de la tribu des triticées et du genre *Triticum*. En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, le blé dur représente la deuxième espèce la plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre (*Triticum aestivum* L.).

### 1.2.2. Classification du blé dur

Le genre *Triticum* regroupe de nombreuses espèces présentant une large gamme de diversité morphologique et agroécologique. Notamment, ce genre regroupe des espèces de ploïdies variées : des espèces diploïdes telles que l'Engrain (*Triticum monococcum*), des espèces tétraploïdes avec l'Amidonier (*Triticum dicoccum*) ou le blé dur (*Triticum durum*) et enfin des espèces hexaploïdes telles que le blé tendre (*Triticum aestivum*).

Il apparaît que la polyploïdisation a joué un rôle majeur dans l'évolution de la famille des Poacées (Salse *et al.*, 2008 ; Bolot *et al.*, 2009). Selon la classification de Slageren (1994), le blé dur appartient à la Section *Dicoccoidea* au genre *Triticum* à l'espèce *turgidum* et la sous espèce *durum* (Desf.).

La plupart des céréales, herbacée, annuelle, monocotylédone, appartiennent à la famille des Graminées et/ou Poacées. Ce sont le blé, l'orge, l'avoine, le seigle, le maïs, le riz, le millet, le sorgho. Les unes appartiennent à la sous-famille des Festucoïdées (blé, orge, avoine, seigle), les autres à la sous-famille des Panicoïdées (maïs, riz, sorgho, millet).

Le blé dur est une céréale autogame appartenant à l'ordre des Graminales et/ou Poales, famille des Graminae et/ou Poaceae (Rudolphe, 2001) comme le montre la classification détaillée suivante :

<b>Embranchement :</b>	Spermaphytes
<b>Sous embranchement :</b>	Angiospermes
<b>Classe :</b>	Monocotylédones
<b>Ordre :</b>	Commélimiflorales
<b>Sous ordre :</b>	Poales
<b>Famille :</b>	Graminae ou Poaceae
<b>Genre et espèce :</b>	<i>Triticum durum</i>

### 1.2.3. Description botanique du blé dur (Fig. 01)

La plante du blé est une graminée de hauteur moyenne pouvant atteindre jusqu'à 1.5 m selon les variétés et dont le limbe des feuilles est aplati. L'inflorescence d'un épi terminal se compose de fleurs parfaites. Il existe des variétés de blé dur semi-naines.

Le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives (latérales) qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent.

Le blé dur possède une tige cylindrique, dressé habituellement creuse et subdivisée en entrenœuds. Le chaume (talle) se forme à partir de bourgeons axillaires aux nœuds à la base de la tige principale. Le nombre de brin dépend de la variété, des conditions de croissances et de la densité de plantation. Dans des conditions normales une plante peut produire trois brins en plus de la tige principale.

Comme pour d'autres graminées, les feuilles de blé dur se composent d'une base (gaine) entourant la tige, d'une partie terminale qui s'aligne avec les nervures parallèles et d'une extrémité pointue. Au point d'attache de la gaine de la feuille se trouve une membrane mince et

transparente la ligule, comportant deux petits appendices latéraux, les oreillettes. La tige principale et chaque brin portent une inflorescence en épi terminal.

L'inflorescence du blé dur est un épi muni d'un rachis portant des épillets séparés par de courts entrenœuds. Chaque épillet compte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole. Chaque fleur parfaite est enfermée dans des structures semblables à des bractées, soit la glumelle inférieure (lemme) et la glumelle supérieure (paléa). Chacune compte trois étamines à anthère biloculaires, ainsi qu'un pistil à deux styles à stigmates plumeux. A maturité, le grain de pollen fusiforme contient habituellement trois noyaux. Chaque fleur peut produire un fruit à une seule graine, soit le caryopse. Chaque graine contient un large endosperme et un embryon aplati situé à l'apex de la graine et à proximité de la base de la fleur.

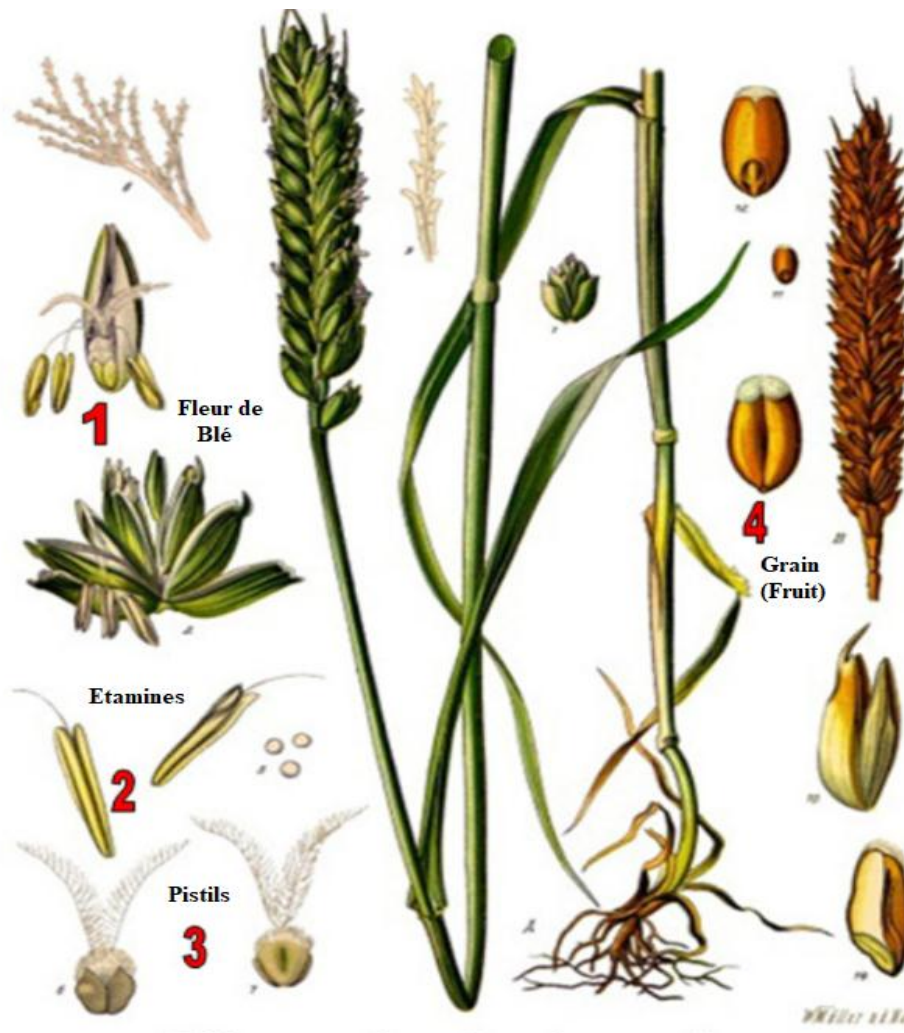


Figure 01. Fiche descriptive de la plante du blé

### 1.2.4. Cycle de vie du blé dur

D'une manière très simplifiée, on peut découper le cycle du développement du blé dur en 3 phases (Fig. 02) et qui sont les suivantes :

- A. La phase végétative**, durant laquelle la plante installe ses capteurs foliaires et racinaires pour intercepter le rayonnement, absorber l'eau et les éléments minéraux,
- B. La phase reproductive**, durant laquelle la plante met en place ses organes reproducteurs. À l'issue de cette dernière, le nombre potentiel de grains est fixé,
- C. La phase de maturation du grain** (appelée aussi remplissage du grain), qui requiert de la chaleur et un climat sec, durant laquelle, le grain profite des assimilés provenant de la remobilisation et des dernières feuilles photo-synthétiquement actives, puis se déshydrate partiellement

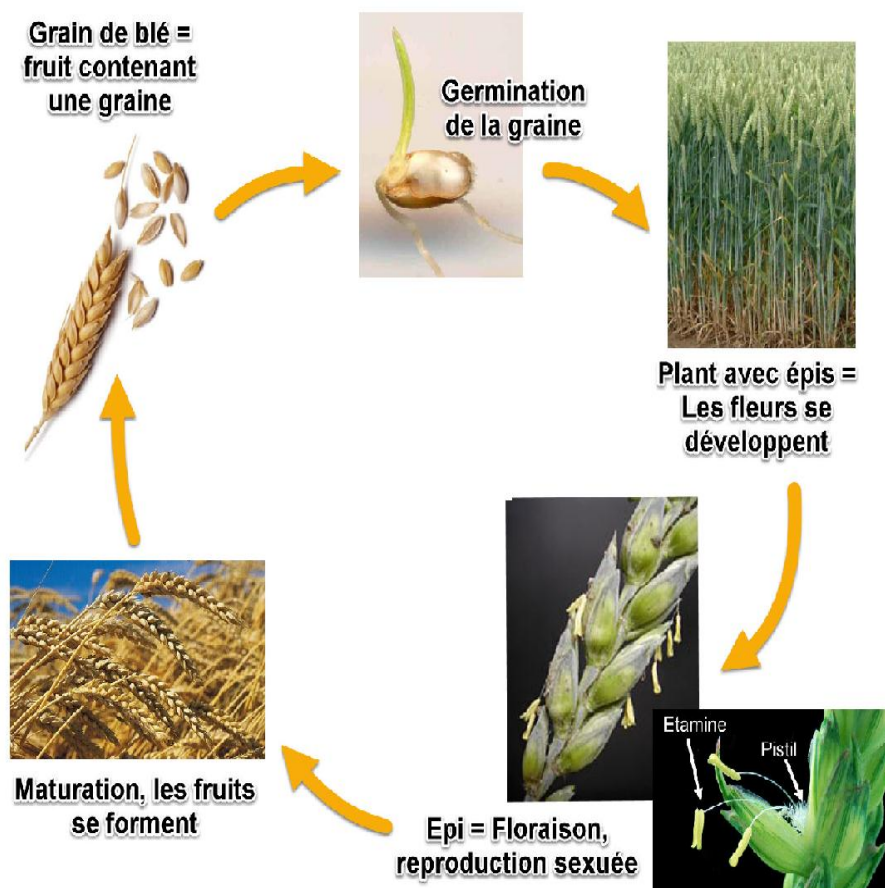


Figure 02. Cycle de vie d'un plant de blé

(<http://louisa-paulin.ecollege.haute-garonne.fr/espaces-pedagogiques/sciences-et-technologie/le-vivant-sa-diversite-et-les-fonctions-qui-le-caracterise/le-ble-34297.htm>)

## **1.2.5. Exigences de la culture du blé**

### **A. Edaphiques**

D'après Soltner (1988), les sols qui conviennent le mieux au blé sont des sols drainés et profonds. Des sols limoneux, argilo-calcaires, argilo-siliceux et avec des éléments fins contenant de fortes teneurs en sodium, magnésium ou fer. Du point de vue caractéristiques chimiques, le pH optimal se situe dans la gamme de 6,5 à 7,5 semble indiqué puisqu'il favorise l'assimilation de l'azote. La culture de blé est modérément tolérante à l'alcalinité du sol dont la conductivité électrique ne doit pas dépasser 04 mmhos/cm. Les terres très argileuses, très calcaires ou trop sableuses (acides) sont déconseillées pour cette culture (Clément, 1971).

### **B. Températures**

Cultivé dans une gamme d'environnements différents, le blé dur présente une capacité d'adaptation très large. Les exigences globales en température de cette espèce sont assez importantes et varient entre 1800 et 2400°C selon les variétés. Les températures permettant une croissance optimale et un rendement maximum sont comprises entre 15 et 20°C (DuPont et Altenbach, 2003). En conditions méditerranéenne, les fortes températures au-dessous de 30°C sont stressantes. Elles provoquent une levée trop rapide et parfois un déséquilibre entre la partie aérienne et la partie souterraine. Mais elles affectent aussi le poids final des grains en réduisant la durée de remplissage. Au-delà de 32°C, on peut observer des dommages irréversibles pouvant aller jusqu'à la destruction de l'organe ou de la plante. Quant aux basses températures et la tolérance au froid, le blé dur a la capacité de supporter les températures inférieures à 4°C considérée comme la température minimale pour la croissance. Cependant, une seule journée à une température minimale de l'ordre de -4°C entre le stade épi 1 cm et un nœud, pénalise le nombre de grains par épi (Gate, 1995).

### **C. Lumière**

La lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. En effet, un bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairement (Soltner, 1990). Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la floraison et le développement des plantes.

## D. Eau

En région méditerranéenne, la sécheresse est l'une des causes principales des pertes de rendement du blé dur, qui varient de 10 à 80% selon les années. Les besoins en eau de la culture varient de 450 à 650 mm. Au début du cycle, ces besoins sont relativement faibles. C'est à partir de la phase épi 1cm jusqu'à la floraison qu'ils sont les plus importants. En effet, la période critique en eau se situe de 20 jours avant l'épiaison jusqu'à 30 à 35 jours après la floraison (Loue, 1982). De nombreuses recherches ont été faites dans ce contexte : Une étude souligne l'effet pénalisant du manque d'eau sur la physiologie de la plante et les composantes du rendement montre qu'un déficit hydrique survenant au stade jeune tallage réduit surtout la croissance en hauteur et le nombre d'épis par unité de surface. Par contre, lorsque ce déficit survient aux stades gonflement ou anthèse, il réduit plutôt le poids des épis et le rendement en grain. C'est cependant le stade juste avant épiaison qui demeure le plus sensible au déficit hydrique puisqu'une sécheresse survenant à ce stade peut réduire les rendements en grains d'environ 70% (Ben Naceur et *al.*, 1999).

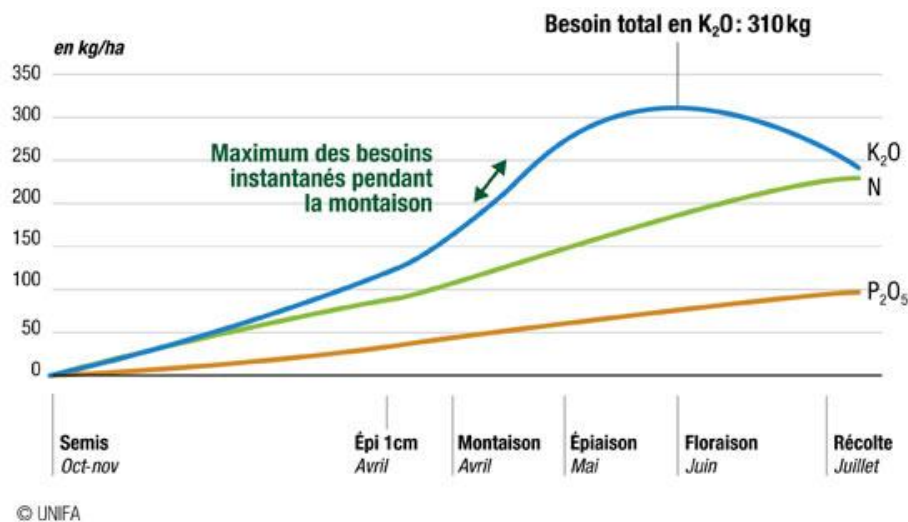
## E. Fertilisants

Le besoin d'une culture correspond à la quantité de l'élément nutritif nécessaire et suffisante pour atteindre un objectif de production défini par le rendement et la qualité recherchée pour cette production (teneur en sucre, en huile ou en protéines). (COMIFER, 2005) (COMIFER : Comité français d'études et de développement de la Fertilisation raisonnée).

Par prélèvement tout au long du cycle d'une culture, on détermine par analyse la teneur de chaque élément nutritif et la quantité de matière sèche produite. La quantité absorbée de de chaque élément est donnée par la courbe d'absorption de la culture qui est construite par la formule suivante :

$$Q_x = ((\text{teneur de l'élément en \% de MS}) \times (\text{quantité de MS produite}))/100$$

Le besoin instantané maximal de l'élément est exprimé en kg d'élément prélevé/ha/jour dans la zone de plus forte pente de la courbe. A cette période de croissance, la culture doit donc trouver dans le sol une quantité suffisante de l'élément nutritif (Fig.03).



(Sources : Minagri / Centre de recherches d'Aspach, 1989)

**Figure 03. Evolution des besoins en N, P et K pour la culture du blé**

### 1. Les besoins en azote

Le blé dur est particulièrement exigeant en Azote pour atteindre un niveau de protéines satisfaisant pour les fabricants de pâtes et de semoules. Les apports d'azote doivent être fractionnés suivant les stades du cycle végétatifs :

- **Au tallage**, l'influence de l'azote se manifeste sur la première composante du rendement qui est le nombre de talles par plant.
- **Au stade montaison**, l'azote apporté permet d'émettre des épis, dont le nombre est fortement influencé par la nutrition azotée. Le manque d'azote pourrait aussi se traduire par une moindre fertilité des épis. Durant cette période, le blé peut absorber jusqu'à 3 kg d'azote/Ha/jour avec un maximum pendant la phase floraison (Bahloul, 1989).
- **Au stade épiaison**, les besoins deviennent très importants et la demande en azote s'accroît en liaison avec l'activité de croissance. La plante a absorbé pratiquement tout son azote dès le début du stade laiteux. A partir de ce stade, il y a transfert des réserves de la plante, des parties végétatives vers le grain.

Les besoins de la culture en éléments nutritifs varient selon les potentialités des cultures, l'historique du champ, la séquence des cultures, la date de semis, la saison, l'emplacement, et les conditions de la croissance (Timsina et Connor, 2001).

L'azote est un élément nutritif majeur indispensable à la culture et la croissance du blé. En effet, c'est le pivot de la production de biomasse, du rendement et de la qualité des produits récoltés. Il est un constituant des acides aminés, des protéines, des acides nucléiques, de la chlorophylle, etc. (Allali, 2015).

Le rendement final en grain est directement lié aux besoins en azote de la culture, l'azote obtenu par les plantes est de l'azote résiduel dans le sol, d'azote libéré par la décomposition de la matière organique et des engrais appliqués (Munier et *al.*, 2006).

Les carences en azote provoquent un ralentissement, voire un arrêt de la croissance des plantes, au niveau du feuillage (Urban et Urban, 2010). Les composés phénoliques augmentent puis les concentrations en protéines et en chlorophylles diminuent. Des chloroses se forment de façon généralisée sur la feuille (surtout dans les vieilles feuilles) et les tiges des plants carencés en N sont rachitiques, et souvent rigidifiés. Les symptômes sont d'abord visibles dans les plus vieilles feuilles (organes source), où est stocké l'azote pour le transport vers les zones en croissance. Ceci suggère que la détection des carences peut être plus précoce dans les vieilles feuilles que dans les jeunes feuilles (Cadet, 2008).

## **2. Les besoins en phosphore**

Le phosphore est un élément fondamental parmi les trois éléments majeurs (N, P, K) apportés par les engrais et le plus anciennement connu. Le phosphore se trouve dans la plante sous forme minérale (Nedjah, 2015). Mais il est beaucoup plus fréquemment présent combiné sous forme organique. Sa répartition dans les tissus est très inégale et augmente généralement avec la teneur en azote (Gervy, 1970). D'après ce dernier auteur, la teneur des végétaux en phosphore est soumise à des variations très importantes ; elle dépend principalement de la nature de l'espèce, de l'âge de la plante et de l'organe analysé ; elle dépend également, dans une moindre mesure, de la richesse du sol en  $P_2O_5$ ; elle dépend enfin très faiblement de la présence d'autres éléments minéraux donnant lieu à des antagonismes avec l'acide phosphorique. Le phosphore joue également plusieurs rôles dans la vie des plantes. Il est considéré comme un constituant essentiel des chromosomes, il intervient partout où il y a multiplication cellulaire d'où l'importance du phosphore dans les phénomènes de croissance et de reproduction. Il joue aussi, un rôle déterminant dans le transfert d'énergie, il est indispensable à la photosynthèse et aux processus chimio-physiologiques de la plante (Lambert, 1979).

Une plante présentant une carence en phosphore a une croissance ralentie, et contrairement à la carence en N, les feuilles deviennent vert foncé avec des zones de tissu mort (« spots » nécrotiques) (Cadet, 2008). Le phosphore affecte le nombre de grain et le rendement en grain du blé, et diminue l'accumulation de biomasse dans un mode différent de N (Allali, 2015). Reuter *et al.* (1997) ont observé que la déficience en P déprime le tallage, réduit le nombre et la superficie des feuilles par plante.

### **3. Les besoins en potassium**

Le potassium (K) est un élément minéral présent dans la plante sous forme d'ions libre ( $K^+$ ) (Cadet, 2008). Le potassium est essentiellement retenu par l'humus ou l'argile (dans certains sols, il pourra donc être perdu en grande quantité par lessivage). Le potassium n'est pas très mobile dans la plante. Il joue un rôle primordial dans l'absorption des cations, dans l'accumulation des hydrates des protéines, le maintien de la turgescence des cellules et la régulation de l'économie d'eau de la plante. C'est aussi un élément de résistance des plantes au gel, à la sécheresse et aux maladies. Il est essentiel pour le transfert des assimilés vers les organes de réserves (grains, bulbes et tubercules). Les besoins en potassium des céréales peuvent être supérieurs aux quantités exportées par les récoltes à savoir 30 à 50 Kg de  $K_2O$  de plus par hectare (Nedjah, 2015).

Une carence en K entraîne une baisse de la qualité et de la quantité des fruits et une plus grande sensibilité des plantes aux infections. Les symptômes sont d'abord visibles dans les vieilles feuilles, qui présentent d'abord un enroulement puis des nécroses à leurs pointes et sur leurs marges (Cadet, 2008).

### **4. Les besoins en calcium**

Le calcium fait partie des éléments minéraux essentiels à la croissance de la plante avec l'azote et le potassium, il est un des éléments dont les teneurs sont les plus élevées dans les tissus végétaux. Il est absorbé sous forme de ( $Ca^{++}$ ) (Tahraoui, 2016).

Le calcium (Ca) a beaucoup d'effets sur la croissance et le développement de la plante, lui étant attribué le rôle de messenger secondaire dans de nombreuses réponses de la plante. Il est essentiel pour le maintien de l'intégrité structurelle des membranes et des parois cellulaires lors du processus de division cellulaire, durant l'absorption ionique, la germination du grain de pollen et pendant la croissance du tube pollinique. Sa présence dans la solution du sol est

fondamentale pour le développement des racines. Par son rôle structural, le calcium contribue à maintenir la qualité des fleurs, des fruits et des légumes (Tahraoui, 2016).

Le manque du calcium provoque la perte de cohésion entre les cellules, qui se traduit par une brûlure de l'apex ou de la marge des jeunes feuilles. Avec l'expansion foliaire, des males formations et du gaufrage apparaissent sur les feuilles affectées. Sur les fruits les dommages apparaissent à leur apex. Ils se caractérisent par une lésion affaissée brune ou noire (Tahraoui, 2016).

Même à des concentrations élevées, le calcium n'est pas toxique pour la plante. Dans le sol, les teneurs élevées en calcium engendrent une augmentation du pH, ce qui diminue l'absorption de certains éléments comme le bore (B), le fer (Fe), le manganèse (Mn) et le zinc (Zn). Le calcium entre en compétition avec l'absorption d'autres cations, comme le magnésium (Mg) et le potassium (K), ce qui peut provoquer une carence en ces éléments.

Des quantités élevées de calcium dans les fruits peuvent conduire à l'apparition de symptômes à la suite de la neutralisation d'acides (Tahraoui, 2016).

## **5. Les besoins en sodium**

Le sodium est utilisé en petites quantités comme les micro-nutriments, afin d'aider au métabolisme et à la synthèse de la chlorophylle. Dans certaines plantes, il peut être utilisé comme substitut partiel du potassium. Comme il favorise l'ouverture et à la fermeture des stomates, ce qui contribue à la régulation de l'équilibre hydrique interne (Lamrani, 2010).

### **1.3. Situation de la céréaliculture en Algérie**

#### **1.3.1. Superficies emblavées et production de blé**

Les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Durant les deux périodes 2000-2009 et 2010-2017, la superficie des céréales a occupé en moyenne annuelle 40% de la Superficie Agricole Utile (SAU).

La superficieensemencée en céréales durant la décennie 2000-2009 est évaluée à 3 200 930 ha, desquelles, le blé dur et l'orge occupent la majeure partie de cette superficie avec 74% de la sole céréalière totale. Durant la période 2010-2017, cette superficie a atteint en moyenne 3 385 560 ha, soit une évolution de 6% par rapport à la période précédente (2000-2009) (Fig.04).

Les superficies consacrées au blé dur ont connu une augmentation de 2,4% et 10,05% respectivement en 2014/2015 comparativement à la campagne écoulée.

La production céréalière s'est établie à 37,5 millions de quintaux pour la campagne 2014-2015, en hausse de 10% par rapport à la campagne 2013/2014, selon le ministère de l'Agriculture, du développement rural et de la pêche. Le total de la production nationale des céréales est de 3,6 millions de tonnes, soit 2 millions de tonnes de blé dur, 1 million de tonnes d'orge et 6361849 tonnes de blé tendre (Fig. 04).

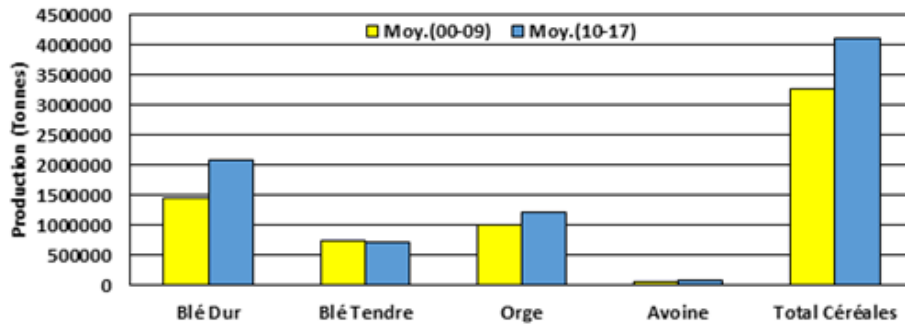


Figure 04. Production nationale en céréales (MADRP, 2017)

Quinze (15) wilayas ont enregistré une production dépassant la barre d'un million de quintaux, les wilayas de Tiaret et Ain Temouchent se classent successivement première et deuxième avec près de 3,5 millions pour la première wilaya avec 1770600 Qx de blé dur et près de 2,5 millions pour la seconde.

Compte tenu de sa place stratégique dans l'économie du pays, la production du blé dur subventionné par les pouvoirs publics est en pleine expansion (FAO, 2016, Actualitix.com) (Fig. 05).

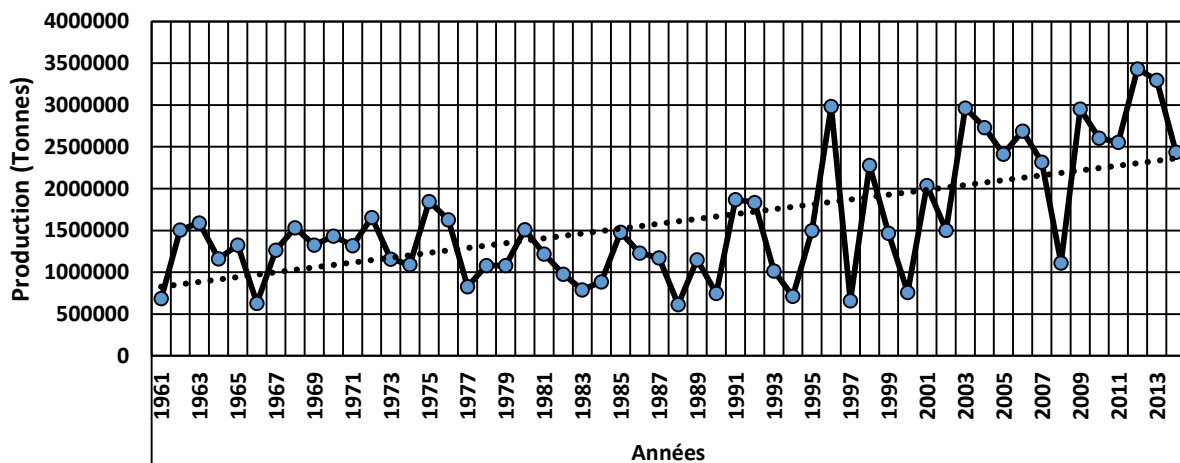
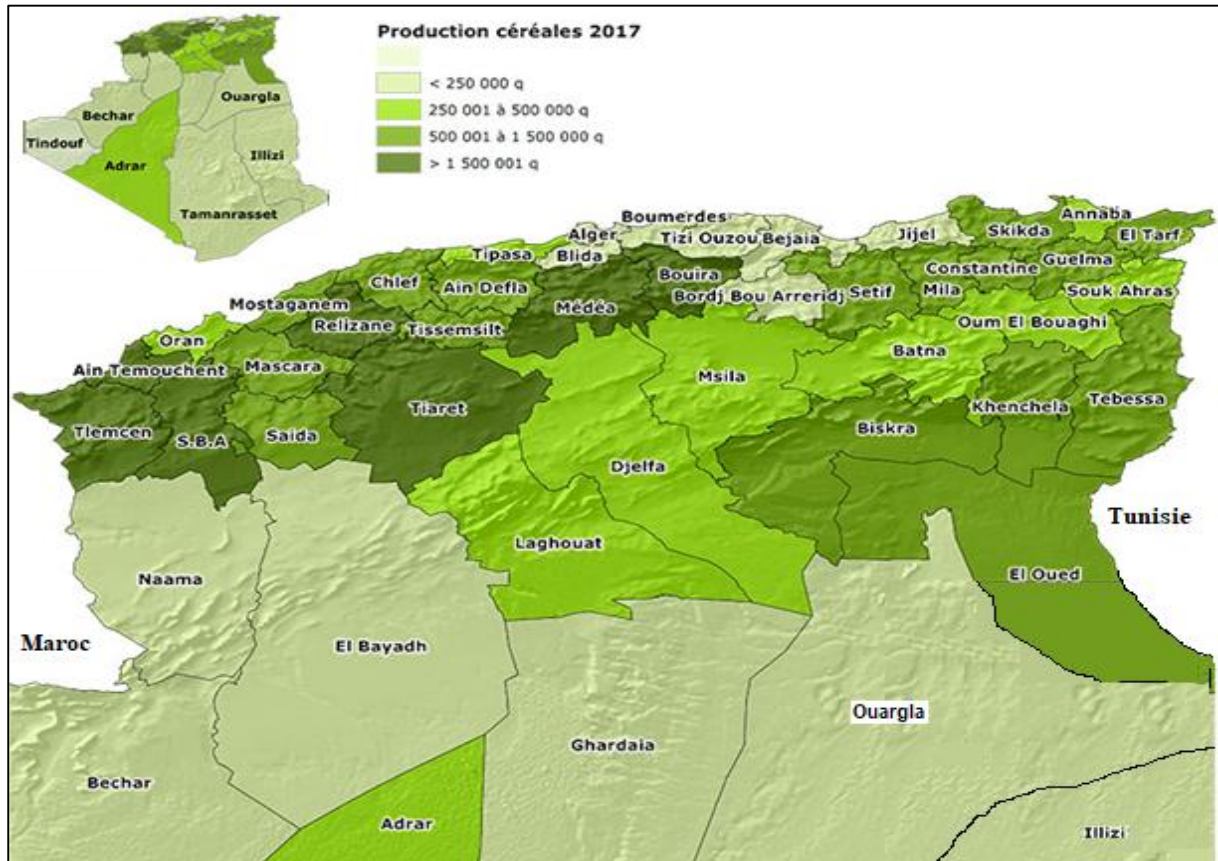


Figure 05. Evolution de la production de blé en l'Algérie (FAO, 2016)

La campagne 2014/2015 a été qualifiée comme moyenne en terme de production.

Généralement, les céréales restent en grande partie tributaire des conditions climatiques qui n'ont pas été très favorables notamment en période critique qui s'étale entre le mois d'avril et le mois de mai (MADRP, 2015). Par contre, l'année 2017 a fait de la région de Tiaret une des régions les plus productives en céréales (DSASI-MADRP, 2017) avec une production supérieure à 1 500 000 quintaux (Fig. 05 bis).



**Figure 05 bis. Production nationale des céréales par zone (DSASI-MADRP, 2017)**

### 1.3.2. Contraintes et limites de production

La culture du blé dur demeure encore difficile à maîtriser tant que celle-ci est confrontée à plusieurs contraintes biotiques et abiotiques (aléas climatique, faible maîtrise de l'itinéraire technique, etc.). Cette situation engendre une production faible et variable qui ne couvre que 30 à 35% des besoins du marché national estimés à plus de 60 millions de quintaux (Adjabi, 2011).

L'une des premières contraintes réside dans la faiblesse de la politique agricole, le moins que l'on puisse dire, est qu'elle reste fort indigente puisque, à l'exception de l'instrumentation des aides publiques, elle néglige, voire évacue la nécessité de procéder à des réformes profondes des structures foncières, du secteur de la recherche agronomique et des politiques de financement des exploitations agricoles (Kellou, 2008).

Le rendement des cultures céréalières méditerranéennes, en pluvial, est bas et variable (Chennafi et *al.*, 2008). La sécheresse affecte fortement la croissance et le développement de la culture, avec des effets négatifs au cours des phases végétative et reproductive (Latrech, 2011). De plus la culture du blé dur est très sensible au manque d'eau, à tous les stades végétatifs. Un déficit hydrique qui survient à un stade donné, réduit une des trois principales composantes et ce qui se répercute sur le rendement grain (Chennafi et *al.*, 2008).

Un manque d'eau durant la phase de montaison réduit le nombre d'épis par suite de l'arrêt de croissance des tiges et le flétrissement des talles. Au stade épiaison, le déficit hydrique provoque la stérilité des fleurs et la réduction de la viabilité de pollen, diminuant ainsi le nombre de grain par épi. Le déficit hydrique au cours de la phase de remplissage du grain, affecte la durée et la vitesse de remplissage du grain (Latrech, 2011).

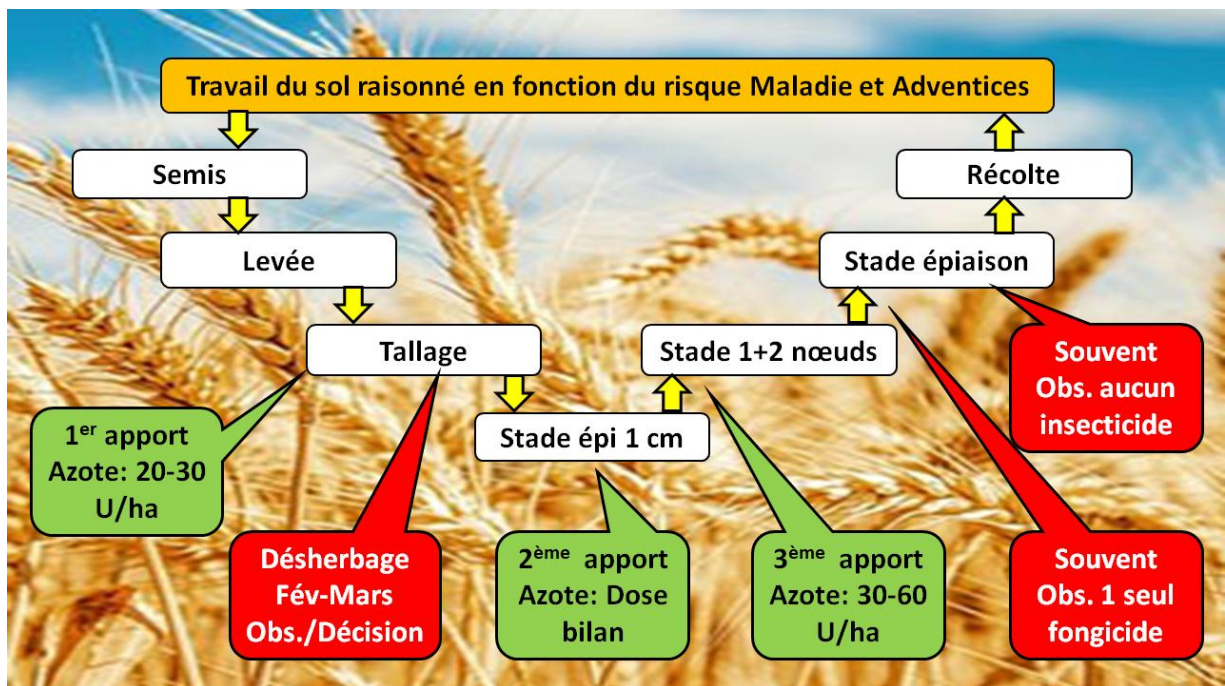
Les stress thermiques au cours de la montaison provoquent la déformation et la stérilité des épis. Ainsi, les gelées tardives de printemps affectent la formation des organes de reproduction et donc la fertilité de l'épi. Certaines phases végétatives ne se développent qu'au-dessus d'un seuil thermique, le blé exige 10°C comme température minimale de floraison. Les températures basses printanières réduisent fortement le rendement grain de la céréale.

L'augmentation de température de 20 à 36°C après l'anthèse réduit du poids du grain moyen. L'efficacité des mécanismes de tolérance à la sécheresse, adoptée par certains génotypes, est étroitement liée à la durée de la contrainte et aux stades végétatifs concernés (Latrech, 2011).

Les adventices sont une des principales contraintes biologiques qui affectent la production agricole. En Algérie, les pertes de rendements sont évaluées à 24,5% et peuvent aller jusqu'à 39,5% en cas de fortes infestations (Hanitet, 2012). Certaines adventices peuvent émettre des phytotoxines par les semences, les organes aériens, les racelles et dans une moindre mesure lors de la composition de leurs tissus. Elles provoquent aussi un fort effet inhibiteur sur le développement des plantules (Bebba, 2011).

### **1.3.3. Itinéraire technique des céréales d'hiver**

L'itinéraire technique ne peut être qu'une succession raisonnée d'interventions culturales appliquées à une culture donnée sur une parcelle comme le montre la figure 06 pour les céréales d'hiver.



**Figure 06. Itinéraire technique des céréales d'hiver**

Comme la prévention n'est qu'un des principes fondamentaux de la protection des cultures, les choix réalisés avant le semis doivent être déterminants pour la construction d'un itinéraire technique cohérent pour une bonne conduite ultérieure de la culture.

Des moyens préventifs contre les ennemis des cultures, de la verse et des adventices sont envisageables comme le précédent cultural, le travail du sol, la densité de semis et le désherbage mécanique, etc. S'ils ne sont pas mis en œuvre à cette étape, il ne sera pas possible de réduire les intrants au-delà des pratiques raisonnées actuelles, ce qui entraîne le plus souvent une baisse importante du rendement, voire la perte de la récolte.

Les densités de semis faibles permettent de limiter les risques de maladies cryptogamiques et de verse mais peuvent aussi entraîner un développement des adventices car la culture sera moins concurrentielle. Cela rend nécessaire d'agir plus en amont de la culture.

Comme le désherbage est géré selon les pratiques habituelles en privilégiant les produits ayant moins d'impact sur l'environnement et l'utilisateur, la gestion des adventices s'avère plus qu'impérative jusqu'à la récolte qui est un moment privilégié pour la prévention de la dissémination des graines d'adventices. L'après-récolte constitue une étape importante pour préserver la qualité technologique du grain.

## 1.4. Adventices et compétition

Dans un peuplement complexe associant plusieurs variétés d'une même espèce, voire plusieurs espèces, il faut s'attendre, si celles-ci sont suffisamment différentes d'un point de vue fonctionnel, à ce que des interactions positives (facilitation, complémentarité) prennent le pas sur les interactions négatives (compétition) entre plantes. Il peut ainsi en résulter un meilleur partage des ressources du sol, comme nous l'avons étudié récemment dans le cas de cultures associées céréale-légumineuse.

La plupart des recherches se sont attachées à estimer les performances agronomiques de peuplements complexes, associant plusieurs espèces (blé dur et légumineuse) ou variétés de blé dur dans une même parcelle agricole, en vue de mieux exploiter les processus écologiques et ressources du sol, notamment N et P, en vue de réduire l'utilisation des intrants fertilisants. Leur objectif était également de comprendre ces processus écologiques sous-jacents.

Les cultures associées peuvent présenter d'autres avantages relativement aux peuplements mono-spécifiques, par exemple en ce qui concerne la résistance aux bio-agresseurs, ou la limitation de la concurrence des adventices.

### 1.4.1. Définitions de la flore adventice

Parmi les nombreux ennemis des cultures, les adventices occupent une place très importante. Leur étude fait l'objet d'une science : la malherbologie. Une mauvaise herbe est une plante herbacée ou, par extension, une plante ligneuse qui à l'endroit où elle se trouve, est indésirable. Le terme adventice est admis comme synonyme, bien que son sens botanique soit différent : il désigne une plante introduite accidentellement à l'insu de l'homme (Hanitet, 2012). Une adventice est toute plante (indigène ou introduite) qui, pour des raisons diverses, se répand brusquement et spontanément dans une nouvelle région en s'y avérant parfois indésirable pour l'Homme. Plus simplement, une "plante adventice" est étymologiquement (du latin *adventium* : supplémentaire) une plante qui s'ajoute à un peuplement végétal auquel elle est initialement étrangère (Thevenot, 2013).

Les adventices sont considérées comme nuisibles principalement en raison de la compétition qu'elles exercent sur les cultures pour la lumière, l'eau et les éléments minéraux, à l'origine de pertes de rendement qui peuvent être très importantes. Mais, elles peuvent aussi rendre la récolte difficile ou en diminuer la qualité. Même à faible densité, les adventices

peuvent aussi être nuisibles, en produisant des semences qui seront à l'origine d'infestations dans les cultures.

Les écologues voient les adventices comme utiles, car elles stabilisent le sol et réduisent ainsi l'érosion éolienne et hydrique. Pour eux, toute plante quel que soit l'endroit où elle pousse, joue un rôle dans les autres aspects positifs. La F.A.O. (1988), considère certaines adventices comme une alimentation humaine, les vertus médicinales, l'apport d'humus, le nectar pour les abeilles et éventuellement de refuge pour les insectes utiles (Hanitet, 2012).

#### **1.4.2. Les principales adventices des grandes cultures en Algérie**

Selon Dubuis (1973), l'Algérie, du fait de son climat, de sa position géographique et de ses reliefs présente des conditions de milieu extrêmement différentes, et certaines espèces d'adventices très répandues dans certaines régions sont totalement absentes dans d'autres. La différence est particulièrement nette entre les régions du littoral qui se caractérisent par un climat doux en hiver et des pluies plus abondantes permettant la présence d'Oxalis et de Mélilots et les régions de l'intérieur qui sont plus sèches favorisant la poussée des plantes telles que la Vesce éperonnée, les Adonis et les Buniums.

Fenni (2003) a pu recenser au niveau des hautes plaines constantinoises environ 254 espèces représentant 161 genres et 34 familles avec une prédominance des Asteraceae (37 genres, 56 espèces), Fabaceae (12 genres, 27 espèces), Poaceae, (13 genres, 23 espèces) et Brassicaceae (14 genres, 18 espèces).




D'après Hamadache (1995), deux familles de la classe des monocotylédones sont très rencontrées dans les grandes cultures en Algérie (Tabl.01) :




**Tableau 01. Monocotylédones caractéristiques des grandes cultures en Algérie**

<p><b>Poacées</b> (Graminées) qui se composent surtout des espèces suivantes : <i>Avena sterilis</i>, <i>Phalaris paradoxal</i>, <i>Hordeum murinum</i> et,</p>	
<p><b>Liliacées</b> composées essentiellement de <i>Dactylis glomerata</i>, <i>Muscari comosum</i> et <i>Allium nigrum</i>.</p>	

A la classe des Dicotylédones appartiennent plusieurs familles d'adventices des céréales dont les plus importantes (Tabl.02) en Algérie sont les suivantes (Dubuis, 1973) :

**Tableau 02. Dycotylédones caractéristiques des grandes cultures en Algérie**

<p><b>Brassicacées</b> (Crucifères) : parmi les représentants de cette famille en Algérie, nous citons les espèces suivantes : <i>Sinapis arvensis</i> et <i>Raphanus raphanistrum</i>,</p>	
<p><b>Astéracées</b> (Composées) : <i>Chrysanthemum segetum</i>, <i>Calendula arvensis</i>, <i>Sonchus oleraceus</i>, <i>Sonchu asper</i>, <i>Sonchu arvensis</i> et <i>Cichorium intybus</i></p>	
<p><b>Fabacées</b> (Légumineuses) : les plus nuisibles en Algérie sont : <i>Melilotus infesta</i>, <i>Scorpiurus muricatus</i>, <i>Scorpiurus vermiculatus</i> et <i>Lathyrus ochrus</i>.</p>	

<p><b>Apiacées</b> (Ombellifères) : <i>Daucus carota</i>, <i>Ammi majus</i>, <i>Torilis nodosa</i>, <i>Ridolfia segetum</i>, etc.</p>	
<p><b>Papaveracées</b> : les genres les plus rencontrés en Algérie : <i>Papaver rhoeas</i>, <i>Papaver hybridum</i> et <i>Fumaria officinalis</i>.</p>	
<p><b>Convolvulacées</b> : on y rencontre principalement <i>Convolvulus arvensis</i>.</p>	

### 1.4.3. Types biologiques et modes de reproduction des adventices

Les adventices appartiennent à de nombreuses familles et possèdent des biologies très variées d'une espèce à une autre, en raison de leur écologie et physiologie. D'après Halli et *al.* (1996), on peut classer les adventices en trois grandes catégories selon leur mode de vie : annuelles, bisannuelles et vivaces.

#### A. Les espèces annuelles (Thérophytes)

Ce sont des plantes qui accomplissent leur cycle au cours d'une année. Elles se reproduisent par graines et effectuent un cycle complet de développement (de la germination à la production d'une nouvelle graine) en une saison (Kerkour, 2012). En région méditerranéenne, on peut les classer en trois catégories selon leurs périodes de germination : les espèces indifférentes, les hivernales et les estivales (Hanitet, 2012), ex : *Calendula arvensis* et *Senecio vulgaris*

- **Les annuelles d'hiver** : Les plantes annuelles hivernantes germent de la fin du mois d'août à début novembre et passent l'hiver à l'état de rosettes. Le printemps suivant, elles poussent très rapidement, fleurissent, produisent des graines puis meurent à la fin de la saison.
- **Les annuelles d'été** : Les plantes estivales germent au printemps et en été, produisent des organes végétatifs, des fleurs et des graines et meurent la même année. Les adventices annuelles d'été ont en commun la propriété de pousser très rapidement et de produire beaucoup de graines. Les nouvelles plantes qui poussent à l'automne sont habituellement détruites par le gel (Hannachi, 2010).

## **B. Les espèces bisannuelles (Hémicryptophytes)**

Elles complètent leur cycle au cours de deux années. La première année, elles produisent des rosettes de feuilles et la deuxième année, elles fleurissent et produisent leurs graines. Elles sont rares dans les cultures annuelles du fait de la rupture de leur cycle par les travaux culturaux, ex : *Daucus corota*.

On les appelle les vivaces (géophytes) car elles vivent au moins trois ans et peuvent vivre longtemps ou presque indéfiniment. Ce type d'adventices se propage par ses organes végétatifs (bulbes, rhizomes, stolons, etc.) mais, peut aussi se multiplier par graines (Hannachi, 2010), ex : *Oxalis cernua*, *Cichorium intybus* et *Convolvulus arvensis*.

Certaines plantes vivaces poussent en solitaire et on les appelle les vivaces simples, qui se multiplient principalement par les graines, mais elles peuvent se reproduire par le mode végétatif lorsque les racines sont coupées et dispersées par un travail du sol. D'autres adventices vivaces poussent en grandes colonies ou en plaques à partir de réseaux de racines ou de rhizomes souterrains. On les appelle les vivaces rampantes. Les vivaces rampantes, se reproduisent à la fois de façon végétative et à partir de graines (Hannachi, 2010).

En Algérie, ce sont les adventices annuelles qui sont les plus répandues. Dans une proportion moindre, on rencontre également des bisannuelles et des vivaces (Hamadache, 1995).

### **1.4.4. Impact économique des adventices**

Mal gérées, elles sont comme tous les autres parasites animaux ou végétaux des cultures qui entraînent une réduction de la productivité potentielle de celles-ci. Les pertes occasionnées par les adventices à l'échelle mondiale sont estimées à 9 % des récoltes (Machane, 2008).

Elles réduisent le rendement des récoltes et le rendement économique des exploitations agricoles (Machane, 2008). Les pertes de récolte sont globalement évaluées à environ 40% de l'ensemble de la production potentielle de certaines cultures, alors que la demande qualitative et quantitative reste croissante (Kerkour, 2012).

Les pertes dues aux adventices dans le monde sont respectivement de 20 à 30% du rendement potentiel pour les cultures de blé et de maïs, alors qu'en Algérie 20 à 50% des pertes de rendement sont dues uniquement adventices (Kerkour, 2012).

#### **1.4.5. Influence agronomique des adventices**

La concurrence des adventices pour la culture se fait au niveau de l'espace, la lumière, l'eau et les éléments nutritifs (Machane, 2008). Cette concurrence est d'autant plus importante en début de culture, qu'aux premiers stades de développement, car les adventices absorbent plus vite les nutriments que la culture (Fenni, 2003). Mais, aussi en raison de la difficulté de récolte par bourrage des machines (Machane, 2008).

Les adventices déprécient la qualité des récoltes par l'augmentation du pourcentage d'impuretés dans les récoltes, par le goût et l'odeur désagréable (ail sauvage, faux fenouil) sur céréales et par la présence des semences toxiques (nielle). En plus, elles créent un milieu favorable au développement des maladies cryptogamiques, des virus, des insectes et des nématodes (Kerkour, 2012).

Tout cela influe sur la production en quantité et qualité avec une répercussion sur le côté économique de l'entreprise agricole.

#### **1.4.6. La nuisibilité des adventices**

La nuisibilité des adventices est l'influence nocive que celles-ci exercent sur les plantes cultivées. En effet les adventices peuvent être nocives à quatre titres :

##### **A. La concurrence**

Les adventices concurrencent les cultures pour l'eau, la lumière, l'espace et les éléments nutritifs. Cette concurrence déjà élevée pendant le premier tiers du cycle biologique peut être d'autant plus importante que les deux protagonistes ont la même taille (Machane, 2008).

## **B. L'allélopathie**

L'allélopathie cause une dépréciation quantitative et qualitative de la récolte. Elle se fait, soit par la sécrétion des exsudats racinaires, soit par l'émission de toxines provenant de la décomposition des racines, des tiges, des rhizomes, des feuilles, des stolons ou des tubercules (Machane, 2008).

## **C. La dépréciation de la récolte**

La dépréciation quantitative perçue juste à la fin de la récolte est sensible et brutale car elle s'exprime directement sur le rendement. Elle est qualitative lorsqu'elle est perçue un peu plus tard, on parle alors de nuisibilité économique ou biologique. L'exemple type s'observe au niveau des graines dont la maturité est perturbée (graines ridées du maïs) (Djimadoum, 1993).

## **D. Le développement des ravageurs et des maladies**

Clément (1984) précise l'action défavorable des adventices sur le développement des maladies. La virose ou mosaïque qui attaque les cultures (pomme de terre, haricot, betterave et le tabac), se conserve sur les adventices. Le piétin-verse et le piétin-échaudage, maladies des poacées dues à des champignons, se conservent sur *Cynodon dactylon* appelée usuellement chiendent (Djimadoum, 1993).

### **1.4.7. Le processus de la compétition**

Les interactions sont généralement classées en deux types, négatives ou positives, respectivement désignées sous le nom de compétition ou de facilitation. La compétition est définie comme la diminution des performances en termes de croissance, de reproduction et/ou de survie par un autre individu *via* la diminution de l'accès à la ressource. Cela peut être induit directement par la réduction de la disponibilité de la ressource suite au prélèvement de l'individu voisin (Betencourt, 2012). Toujours, d'après le même auteur, la compétition peut être définie comme un processus dynamique supposant une interaction ou un ensemble d'interactions inter-individuelle(s) ayant pour conséquence(s) de limiter le développement optimal d'un individu *cible* en réduisant la disponibilité d'une ou plusieurs ressources de manière directe ou indirecte jusqu'à rendre au moins une de ces ressources limitantes pour le développement de l'individu *cible*.

Le terme compétition regroupe l'ensemble des processus correspondant à tous les effets négatifs que peut induire la présence de plantes ou de populations de plantes sur d'autres plantes (Tlig *et al.*, 2012).

#### **1.4.8. Utilisation des adventices comme plantes de service**

La plante de service est une plante implantée avant, pendant ou après la culture de rente, non récoltée et n'ayant pas vocation à être commercialiser, qui partage avec elle une période significative de son cycle et destinée à fournir un ou plusieurs services écosystémiques (Lorin *et al.*, 2016).

L'utilisation des plantes de service dans différents systèmes de culture fait partie des solutions à développer pour une évolution de l'agriculture vers des pratiques et des systèmes plus durables et par conséquent, limitation de l'usage intensive et couteux d'intrants en plus de l'amélioration de la productivité et la qualité des céréales (Simon, 2014) à savoir :

##### **A. Amélioration des caractéristiques du sol**

D'une manière générale, l'intérêt des plantes de service couramment appelées engrais vert ou culture intermédiaire piège à nitrate (CIPAN) ou encore plantes compagnes suivant leurs utilisations, ne se limite pas à l'utilisation la plus connue de piège à nitrate (Passarieu, 2013).

Elles peuvent avoir un impact important sur l'amélioration de l'état structural du sol ainsi que sa protection contre les ruissellements et l'érosion (Passarieu, 2013). L'exemple de (Govindin, 2014) qui a proposé de remplacer le travail du sol dans les systèmes de culture d'ananas par l'introduction d'une plante de service décompactante.

Les plantes de service assurent une protection mécanique du sol en limitant l'effet de battance des pluies intenses (moutarde, avoine), et par l'action des racines qui limite l'érosion (ray-grass, seigle).

En absorbant des nutriments, ils réduisent également les risques de lessivage. Par la suite, leur enfouissement dans la parcelle constitue un apport de matière organique pouvant avoir plusieurs effets bénéfiques sur le sol, et donc sur le développement de la culture de rente (Pousset, 2000).

De plus, les plantes de service peuvent aussi avoir un rôle dans le stockage du carbone, sujet d'actualité lorsqu'on mentionne les services écosystémiques de l'agriculture (Passarieu, 2013).

## **B. Lutte contre les bio-agresseurs**

En plus de ces effets, les plantes de service peuvent jouer un rôle dans la diminution de la pression des bio-agresseurs des cultures. Elles permettent de perturber les vols et d'attirer les auxiliaires (Valantin-Morisson *et al.*, 2008).

Les plantes de service peuvent être des plantes bio-indicatrices se caractérisent par une sensibilité élevée, pouvant être plus importante que celle de la culture, à certains bio-agresseurs. Ainsi, l'observation de dégâts sur ces plantes indique l'arrivée de ces bio-agresseurs sur la parcelle avant que la culture ne soit attaquée et permet ainsi d'agir en conséquence.

Les plantes-allélopathiques et assainissantes sécrètent des composés biochimiques (souvent des métabolites secondaires), excrétés par les racines ou lors de l'enfouissement de la plante (Weston et Duke, 2003), qui diffusent dans le sol et vont influencer des organismes situés à proximité. Les composés allélopathiques sont captés spécifiquement par d'autres végétaux (Rizvi *et al.*, 1992).

## **C. Préservation de la biodiversité, des pollinisateurs et de la faune du sol**

Les plantes fleuries ont des effets positifs sur la diversité des pollinisateurs (hyménoptères apiformes, papillons, syrphes et autres diptères) ; leur attractivité est fortement liée aux espèces florales. Ainsi les abeilles apprécient la phacélie, la bourrache officinale et le mélilot blanc, certains bourdons peuvent accéder au nectar du trèfle violet.

Une composition floristique complexe est plus attractive et favorable à l'entomofaune pollinisatrice, ce d'autant mieux qu'elle couvre une longue période de floraison complémentaire à la flore sauvage et qu'elle soit gérée de façon adaptée aux pollinisateurs (stade floraison atteint, broyage après floraison) (Passarieu, 2013).

Les couverts végétaux sont favorables aux populations de vers de terre qui améliorent les propriétés physico-chimiques et biologiques des sols, d'autant plus que le travail du sol est limité.

L'effet positif sur la biodiversité se traduit également sur les populations d'oiseaux insectivores et granivores, et sur le gibier. A contrario, les cultures intermédiaires peuvent dans certaines conditions favoriser les populations de limaces, et les plantes de couverture à base de légumineuses faciliter le développement des campagnols (Passarieu, 2013). Mais les plantes de service ont aussi un impact sur le paysage et la réservation de la biodiversité.

Plusieurs recherches scientifiques ont démontré les bénéfices de l'utilisation des plantes de service dans les cultures du blé et du maïs et essentiellement sur le contrôle des adventices. C'est le cas de (Kwiecińska Poppe *et al.*, 2009) orge associé à des trèfles blancs.

Enfin, on peut dire que les plantes de service maintiennent et améliorent les composantes de la fertilité du sol (tabl.03) :

- Physique : structuration du sol, augmenter la zone prospectable par racine de la culture principale (féverole)
- Chimique : recyclage des éléments nutritifs
- Biologique : favoriser et entretenir la vie du sol (biomasse microbienne, vers de terre) (Valantain Morisson *et al.*, 2008).

<b>Tableau 03. Quelques exemples étudiés par les scientifiques sur l'association des adventices avec les cultures</b>	
<b>Concurrence vis-à-vis des adventices par compétition</b>	Maïs associé à des légumineuses (Ghosheh <i>et al.</i> , 2004),
	Pommes de terre, soja, maïs associés au seigle et à la vesce en bio (Uchino <i>et al.</i> , 2009)
	Maïs avec association printanière (Abdin <i>et al.</i> , 1997 et 2000)
	Blé semé dans un couvert de légumineuses (Hiltbrunner <i>et al.</i> , 2007, 2008) et légumineuses semées dans le blé (Amossé <i>et al.</i> , 2013)
<b>Fourniture d'azote pour la culture associée et/ou grâce à une plante de service légumineuse</b>	Tournesol associé à des légumineuses (Kandel <i>et al.</i> ., 2000, 1997),
	Féverole, lupin, pois, avoine associé en relais à un mélange trèfle-graminées (Hauggaard Nielsen <i>et al.</i> , 2012),
	Blé dans un couvert vivant permanent de trèfles (Thorsted <i>et al.</i> , 2006),
	Maïs dans un couvert vivant de trèfles (Ilnicki <i>et al.</i> , 1992).
<b>Lutte contre les insectes ravageurs par effet de dilution ou perturbation</b>	Aubergine associé aux trèfles incarnat (Hooks <i>et al.</i> , 2013),
	Plantes de couverture sous bananier (Duyck <i>et al.</i> , 2011).
<b>Attractivités des insectes auxiliaires</b>	Colza associé à la féverole ((Jamont <i>et al.</i> , 2013) ; parasitoides mouche du chou dans canola (Hummel <i>et al.</i> , 2010).

## 1.5. Description des plantes adventices utilisées

### 1.5.1. *Galium aparine* (Gratteron)

#### A. Nomenclature de l'espèce

Cette plante est communément connue comme coachweed, clivers, false cleavers, cleavers, beggar lice, catchweed bedstraw, cliders, clithe, goosebill, goose-grass, gripgrass, hariff, sticky willie (Bond *et al.*, 2007). En Français, elle prend le nom Gratteron et scientifiquement connue comme *Galium aparine*. Les membres du genre *Galium* sont tous appelés cleavers en Amérique du Nord et goosegrass en Europe.

La plupart des noms populaires de la plante sont liés à la nature collante de l'herbe. Le nom spécifique de la plante, **aparine**, vient du mot grec **aparo**, se réfère à son habitude de s'accrocher. Le nom du genre **Galium** est dérivé du mot **gala**, le nom grec du mot lait (Scheepers, 2006).

Le genre *Galium* L. (Rubiaceae) est représenté dans la flore algérienne par 20 espèces avec 6 qui sont endémiques (Ramdani *et al.*, 2013).

#### B. Classification botanique

La classification suivant APG II (Angiosperm Phylogeny Group Classification).

- **Classe :** Angiospermeae
- **Subclasse :** Dicotyledoneae
- **Super-ordre :** Asterideae – Euasterideae 1
- **Ordre :** Gentiales
- **Famille:** Rubiaceae
- **Genre :** *Galium*
- **Espèce :** *Galium aparine* L.

#### C. Description botanique

*Galium aparine* est une plante annuelle, grimpante qui s'attache aux hôtes environnants par ses feuilles recouvertes de trichomes crochus (Hildebrand, 2013). Les racines sont ramifiées. Les Cotylédons sont pétiolés, ovales, généralement entaillés au sommet, légèrement rugueux au-dessus, 8-15 mm de long et 6-9 mm de large (Malik et Born, 1988).

Les tiges sont vertes, douces, librement ramifiées et nombreuses, faibles, adhérentes ou se trouvant adjacentes à la végétation, jusqu'à 120 cm de long. La tige est très unique dans le fait qu'une section transversale d'une tige a à peu près une forme carrée (quadrangulaire), les poils le long de la tige densément pointent vers le bas, elles sont semblables aux épines, articulées, ramifiées au premier nœud (Hildebrand, 2013). Les nœuds sont généralement densément tomenteux.

Les feuilles sont disposées en verticilles de six, et sont considérées comme de simples feuilles étroites. Minces, elles sont généralement de couleur vert sombre (Hildebrand, 2013), la surface supérieure du limbe est poilue, et la surface inférieure est couverte avec une rangée d'épines tout le long de la nervure médiane et elles sont dirigées vers l'avant (Malik et Born, 1988).

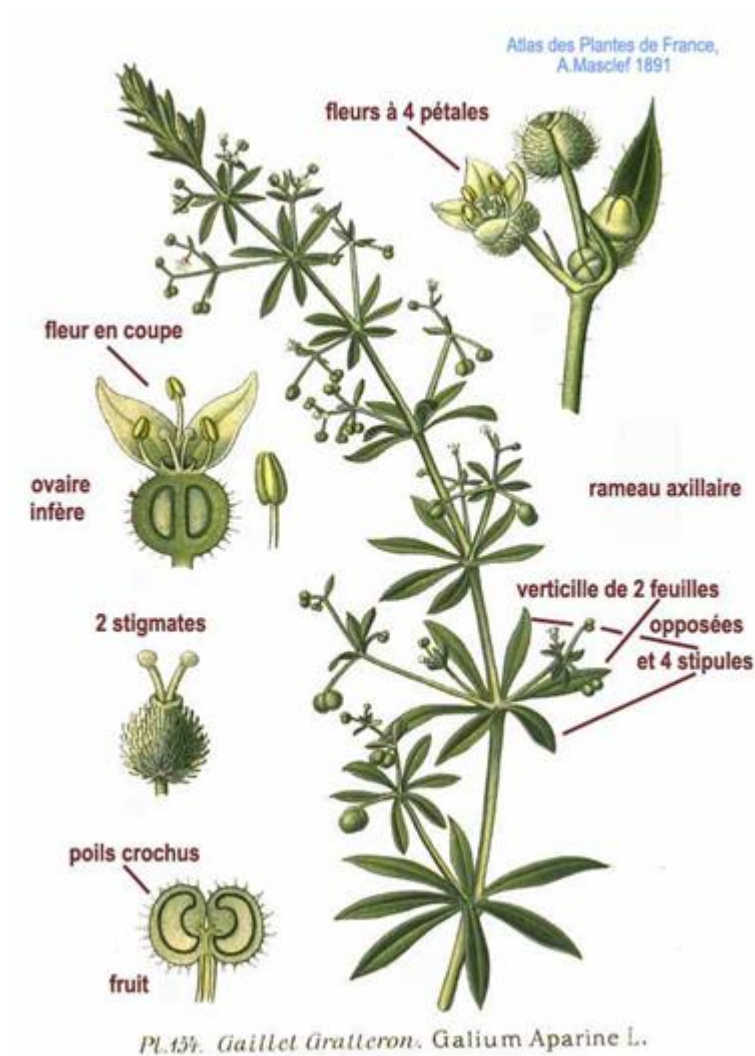


Figure 07. La partie aérienne du *Galium aparine* L (Masclef, 1891).

Les fleurs mesurent 2 mm de diamètre sur les pédoncules à l'aisselle des feuilles, de deux à cinq fleurs par pédoncule, en cymes. La corolle a quatre lobes aigus, blanc. Les fleurs sont bisexuelles, avec quatre étamines et un pistil avec deux styles. Les grains de pollen sont ovales en vue équatoriale et le diamètre polaire (largeur) de la plante hexaploïde varie de 25 à 31 pm (Malik et Born, 1988).

Le fruit est un schizocarpe avec deux carpelles par fleur formant deux méricarpes globuleux. Les fruits sont gris, brun grisâtre ou brun foncé, de forme ovale, de 2-4 mm de long, à l'exclusion des épines avec la cicatrice quelque peu oblongue, pesant 0,3-0,6 g par cent (Malik et Born, 1988). Les surfaces des fruits possèdent de minuscules poils recouvrant le fruit pour un mode de transport, car les poils s'accrochent facilement à la fourrure et aux vêtements des animaux (Hildebrand, 2013), les poils sont environ de 0,8 mm de long, sur des bases tuberculées qui sont dilatées et qui proviennent généralement d'un petit tubercule formé par une élévation de la couche superficielle du fruit. Les fruits sont parfois peu épineux et très rarement lisses ou tuberculés (Malik et Born, 1988).

#### **D. Origine, habitat et répartition géographique**

Le gaillet grateron est une plante herbacée annuelle, grimpante typique originaire d'Amérique du nord, d'Europe et d'Asie (Scheepers, 2006). Il est répandu dans toute l'Europe depuis le nord de la Norvège (70 ° N) jusqu'au sud de la Méditerranée (40 ° N) (Vrbnicanin et *al.*, 2010).

Le galium se trouve dans les champs et les haies, c'est une mauvaise herbe fréquente dans les jardins (Bond et *al.*, 2007). Le galium est généralement distribué sur les terres limoneuses lourdes et il préfère les milieux ensoleillés. Il est considéré comme un indicateur de limon (Bond et *al.*, 2007).

Le gaillet gratteron est bien adapté à l'utilisation efficace des niveaux élevés d'azote, et préfère les sols riches en nutriments (Malik et Born, 1988). Les besoins en phosphate et en azote limitent la distribution du galium. Il est le plus fréquent sur les sols ayant un pH de 5,5 à 8,0. Dans lesquels il développe un système racinaire plus étendu que d'autres plantes lui permettant de mieux survivre dans des conditions sèches (Bond et *al.*, 2007).

### 1.5.2. *Fumaria officinalis* (Fumeterre)

#### A. Nomenclature de l'espèce

*Fumaria* vient du mot latin « fumus » fumée de terre, la plante semble sortir de la terre comme une fumée, d'où le nom français « fumeterre » (Tabl.04).

Cependant d'après « Olivier de Serre », ce nom serait dû au fait que le suc de la plante fait pleurer les yeux comme la fumée (Delille, 2007).

Langue	Nomenclature
Latin	<i>Fumaria officinalis</i>
Français	Fumeterre, herbe à la veuve, fiel de terre, herbe à la jaunisse.
Anglais	fumatory, common fumitory.
Espagnol	<i>Fumaria oficinal</i> , sangre de Cristo, fumdeterra, palomilla.
Italien	Fumaria comune, Feccia, Fumosterno.
Arabe	Chikh el kanoun, Lewliya, Ourag el nssa.

#### B. Classification botanique

La position du genre *Fumaria* dans les systèmes de classifications de Cronquist et Takhtajan est donnée comme suit (Goetz *et al.*, 2009) :

- Règne : Plantae (plantes)
- Sous-règne : Tracheobionta (plantes vasculaires)
- Super division : Spermatophyta (plantes à graines)
- Division : Magnoliophyta (plantes à fleurs)
- Sous division : Angiospermes
- Classe : Magnoliopsida (dicotylédones)
- Sous classe : Magnoliidae
- Ordre : Papaverales
- Famille : *Fumariaceae*
- Genre : *Fumaria* L
- Espèce : *Fumaria officinalis* L.

### **C. Description botanique (Fig.08)**

*Fumaria officinalis* est une plante herbacée, annuelle ou bisannuelle, dressée ou diffuse, rarement grimpante, elle présente une tige dressée de 30 à 70cm, fortement rameuse (Goetz et *al.*, 2009).

Les feuilles, alternes, très découpées, vertes ou glauques, sont finement pennatiséquées et à segments étroits et glabres, ressemble à une patte de poule (d'où son surnom de pied de geline) (Dubray, 2010).

Les fleurs purpurines ou rosées, très irrégulières, sont disposées en grappes assez lâches ou denses sur la partie terminale de la tige, le pétale supérieur prolongé en éperon. Les sépales sont ovales-lancéolés irrégulièrement dentés, plus larges que le pédicelle et plus étroits que la corolle (Goetz et *al.*, 2009).

Les fruits sont sous forme de petites capsules ovoïdes, mures plus large que long, tronqués, engrainés au sommet (Beloued, 2009). La plante, polymorphe, contient un latex et présente un gout amer qui lui vaut le nom de « fiel de terre » (Goetz et *al.*, 2009).

Il s'agit d'une herbe à racine pivotante grêle, jaune brunâtre, portant de fines radicelles. Tiges rameuses ou dressées, à feuilles glauques, alternes, pétiolées, bi ou tripennatiséquées à segments foliaires à lobes allongés, linéaires.

Inflorescence en grappe axillaire, de plus de 20 fleurs pédonculées, opposées aux feuilles ; fleurs zygomorphes mesurant de 7 à 8 mm de long ; calice comprenant 2 sépales ovales, à bords dentés, dépassant 2 mm de long ; corolle, rose pourpre, formée de 4 pétales ; pétale supérieur, développé en casque, possédant un éperon court à la base ; androcée comportant deux groupes de 3 étamines soudées par le filet ; ovaire supère formé d'un seul carpelle.

Fruit, vert, indéhiscent, globuleux, de 2-2,5 mm de diamètre, légèrement en creux au sommet.

### **D. Origine et répartition géographique**

C'est une plante commune de toute les régions tempérées d'Europe, d'Afrique du Nord et d'Asie occidentale (Sturm et *al.*, 2006). Elle pousse dans les terrains vagues, les ruines, sur les bords des chemins et des terres incultes, le long des vieux murs, dans les champs et jardins (Dubray, 2010).



Pl. 24. Fumeterre officinale. *Fumaria officinalis* L.

**Figure 08. La partie aérienne de *Fumaria officinalis* (Masclaf, 1891).**

### 1.5.3. *Vicia sativa* (Vesce commune)

#### A. Nomenclature de l'espèce

La vesce commune (*Vicia sativa*) est une espèce fourragère, spontanée dans toute l'Eurasie tempérée, elle s'est naturalisée en maintes régions du globe. Elle a été introduite par les colons pour la production de foin de vesce-avoine. Très variable, elle compte plusieurs sous-espèces, dont certaines sont cultivées comme fourrage, alors que d'autres sont de simples adventices (Burrnie *et al.*, 2005).

De nos jours, la vesce commune est essentiellement cultivée comme plante fourragère, principalement comme fourrage vert. L'utilisation des graines est plus rare, en dépit de leur valeur nutritive liée en particulier à un taux élevé de protéines. Il s'avère qu'elles soient

toxiques, au moins dans les animaux monogastriques, lorsqu'elles sont consommées régulièrement et en quantité notable (Grama, 2008).

Cependant, Quezel et Santa (1962) mentionnent près de 36 espèces et sous-espèces de Vesces spontanées en Algérie. L'amélioration génétique de la vesce a été entreprise dès 1937 par la Station Centrale de Maison Carrée (Grama, 2008).

Leur intérêt agronomique provient en premier lieu de leur aptitude à la fixation symbiotique de l'azote (Grama, 2008). Cette fixation leur permet de produire en abondance des protéines végétales ce qui constitue une source très importante dans l'alimentation humaine et animale (Grama, 2008). Leurs graines sont des aliments d'excellente qualité car leur contenu en protéines est parmi les plus élevés de toutes les plantes destinées à l'alimentation. Cela représente le meilleur moyen de produire des protéines végétales dans le cadre d'une agriculture durable et respectueuse de l'environnement.

En effet leurs capacités à fixer l'azote rendent inutile l'utilisation d'engrais azotés dont la synthèse, le transport et l'épandage consomment des combustibles fossiles (2 tonnes de fuel pour une tonne d'ammoniac) et contribuent à l'effet de serre (Dénarié, 2000).

Son utilisation joue également un rôle important dans le maintien de la fertilité des sols agricoles. Utilisées en rotation ou en association dans les systèmes de culture, elles apportent une certaine contribution en azote en fixant et en intégrant une partie de l'azote atmosphérique dans le système (Babo, 2002).

Dans les systèmes de culture utilisant les rotations, l'azote fixé par la vesce peut être utilisé d'abord par elles-mêmes, puis par les cultures suivantes qui peuvent bénéficier indirectement par l'entremise des résidus qu'elles laissent (Grama, 2008).

Enfin elles servent également de cultures de fourrages, d'engrais verts et produisent un grand nombre de composés utiles comme des médicaments, des poisons, des teintures et des parfums (Grama, 2008). La vesce commune est également utilisée pour briser les cycles de ravageurs, de maladies et de adventices (Iarbi *et al.*, 2011).

## B. Classification botanique

La classification APG III (2009), par les auteurs : Birgitta Bremer et *al.*

<b>Règne :</b>	Plantae
<b>Clade :</b>	Plasmodesmophytes
<b>Clade :</b>	Embryophytes
<b>Clade :</b>	Stomatophytes
<b>Clade :</b>	Hemitracheophytes
<b>Clade :</b>	Tracheophytes
<b>Clade :</b>	Euphyllophytes
<b>Clade :</b>	Spermatophytes
<b>Clade :</b>	Angiospermes
<b>Clade :</b>	Dicotylédones Vraies Supérieures
<b>Clade :</b>	Rosidaeae
<b>Clade :</b>	Fabidaeae
<b>Ordre :</b>	Fabales
<b>Famille :</b>	Fabaceae
<b>Sous-famille :</b>	Papilionoideae
<b>Tribu :</b>	Fabeae
<b>Genre :</b>	Vicia
<b>Espèce :</b>	<i>Vicia sativa</i>

## C. Description botanique (Fig.09)

La vesce commune est une plante annuelle, herbacée ; elle présente une tige ascendante, érigée ou grimpante jusqu'à 1m de long, portant 4 à 8 paires de folioles de 3-5 cm de long, oblongues à elliptiques, souvent terminées par une vrille qui leur permet de grimper en s'accrochant aux plantes voisines.

Les inflorescences sont des grappes plus ou moins allongées. Les fleurs sont presque sessiles, violet ou rose (rarement blanc), de 2-3 cm de long. Le fruit, élément le plus constant et qui caractérise cette famille, est appelé gousse ou légume. Il s'agit d'un fruit qui s'ouvre en général à maturité grâce à une double ouverture : ventrale et dorsale (Kaliche et Djemoui, 2014).

Les racines sont généralement pivotantes et laissent apparaître des nodosités à *Rhizobium* qui se forment si le sol est pauvre en azote (Kaliche et Djemoui, 2014).



**Figure 09. La partie aérienne du *Vicia sativa* L (Masclef, 1891).**

#### **D. Origine et répartition géographique**

En raison des avantages économiques et écologiques, la vesce est maintenant répandue dans de nombreuses parties du monde, y compris le bassin méditerranéen, l'Asie occidentale et centrale, la Chine, l'Asie orientale, l'Inde et les Etats Unis (Tae-Sung Kim *et al.*, 2015). Selon La vesce commune préfère les sols moyennement humides, elle est indifférente au pH et indifférente à la fertilité (Tae-Sung Kim *et al.*, 2015).

### 2.1. Objectif de l'étude

Étudier les possibilités pour opter vers une bio fertilisation des sols agricoles par l'utilisation des adventices afin de préserver la biodiversité tout en réduisant l'utilisation massive des intrants chimiques tel a été l'objectif principal de notre étude.

Ainsi, la recherche dans la zone d'étude de nouveaux modes de gestion des cultures rentrant dans un cadre de développement rural durable apparaît incontestablement comme l'une des principales priorités pour améliorer la production en quantité et qualité.

Il s'agit tout simplement de systèmes de production qui auraient pour effet d'atténuer la compétitivité entre culture et adventices et de réduire les risques de pollution des sols et des eaux souterraines. Le tout repose principalement sur le contrôle des adventices et l'association de certaines d'entre elles avec des cultures pour une éventuelle extrapolation sur des superficies plus importantes.

Notre cas a porté sur des combinaisons entre le blé dur (*Triticum durum* var simeto) et trois adventices les plus répandues dans la région (*Galium aparine*, *Fumaria officinalis* et *Vicia sativa*).

### 2.2. Présentation de la zone d'étude

#### 2.2.1. Situation géographique

L'étude a été réalisée à la ferme expérimentale de l'Université de Tiaret (Nord-Ouest, Algérie). Avec jachère non travaillée comme précédent cultural, une texture limono-sableuse à sablo-limoneuse, une pluviométrie irrégulière (275 à 550 mm) et des températures moyennes variant de 5 à 36°C, le site se trouve sur un étage bioclimatique semi-aride sur une latitude de 35°15'11"N, une longitude de 01°14'04"E et une altitude de 956 m (Fig.09).

#### 2.2.2. Aptitudes culturales de la zone d'étude

La zone d'étude est à vocation céréalière pluviale et pastorale dont l'intégration constitue l'essentiel de la production agricole et de la croissance économique de la région. Avec un substrat calcaire, les terres agricoles sont moyennes à faibles potentialités agronomiques (Achir et al., 2016) (Fig.10).



### 2.2.3. Aperçu climatique

De nombreux auteurs ont synthétisé les données climatiques en recherchant une classification des types de climat par des indices et formules basés essentiellement sur la température et la pluviométrie considérés comme les deux principaux facteurs limitants pour définir et classer les bioclimats.

D'après Ozenda (1982), il s'agit simplement d'un diagramme sur lequel y figurent les périodes sèches et humides d'une région donnée. Un mois est sec lorsque sa pluviométrie totale en mm est égale ou inférieure au double de la température en °C.

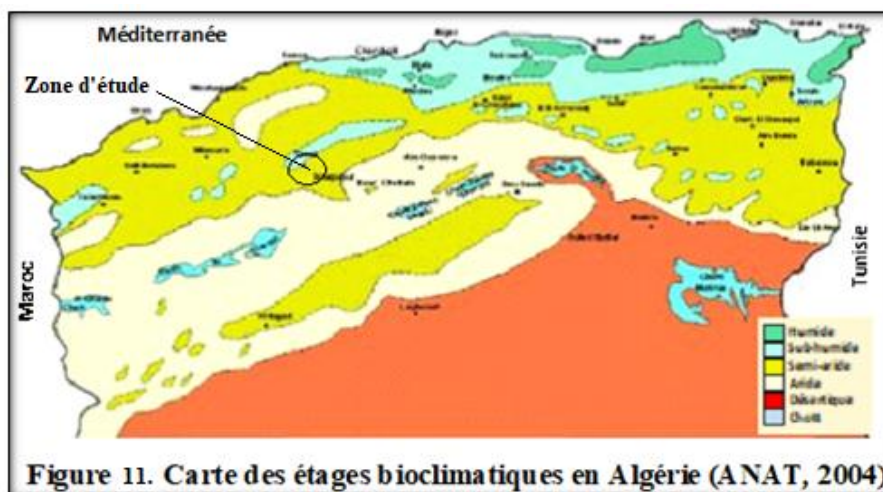
En outre, ce mode de représentation introduit déjà par Bagnouls et Gaussen (1953) consiste à comparer mois par mois le rapport entre les moyennes des précipitations et des températures où pendant la période sèche la courbe des précipitations se trouve en dessous de la courbe des températures.

Ainsi, ces mêmes auteurs considèrent que la saison sèche représente pour de nombreux pays la période critique de végétation et par conséquent le facteur écologique principal d'après la loi des facteurs limitants.

Le comportement des cultures en plein champ est conditionné principalement par les facteurs pédoclimatiques. Pour une espèce donnée, le substrat et les facteurs du climat ont une influence prédominante sur la croissance et le développement des plantes (Gautreau, 1973).

Un climat tempéré chaud caractérise la région de Tiaret où les précipitations sont bien plus importantes en hiver qu'en été. La carte climatique de Köppen-Geiger y classe le climat de la zone de Tiaret comme étant du type semi-aride (Fig.11). Sur l'année, la température moyenne est de 15.7 °C et les précipitations aux alentours de 529 mm.

Outre les autres paramètres climatiques, la température et la pluviométrie ont été toujours pris en considération dans la caractérisation climatique et le choix des cultures à mettre en place d'une zone d'étude donnée.



### A. Températures

La température est l'un des facteurs environnementaux qui affecte le plus la croissance et le développement des plantes. Elle a été définie par Peguy (1970) comme une qualité de l'atmosphère et non une grandeur physique mesurable.

L'examen des températures moyennes journalières de la région de Tiaret montre que le mois de janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 0,5°C, alors que 37°C font du mois de juillet le mois le plus chaud de l'année. La température moyenne de l'année est de 15,7°C. Les variations mensuelles moyennes sont illustrées par la figure 12.

### B. Précipitations

Les précipitations jouent également un rôle capital dans la croissance et la prolifération des végétaux et en particulier les adventices chacune selon son système racinaire et les conditions édaphiques. Les variations mensuelles sont illustrées par la figure 12.

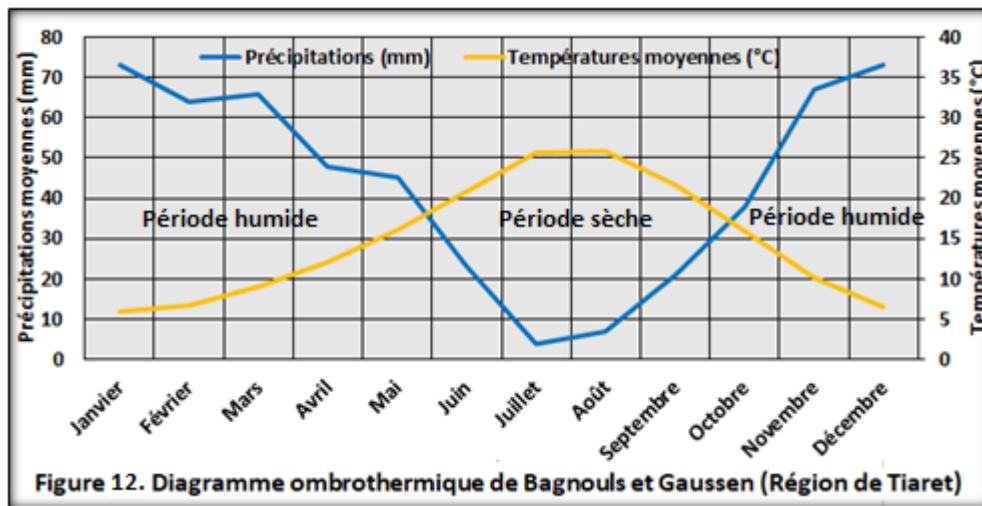
### C. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Un diagramme ombrothermique représente les variations mensuelles pour les 12 mois de l'année des températures ( $T$  en °C) et des précipitations ( $P$  en mm) selon des gradations standardisées : une graduation de l'échelle des précipitations correspond à deux graduations de l'échelle des températures ( $P=2T$ ).

D'après Bagnouls et Gaussen (1953), un mois donné est considéré comme sec quand les pertes en eau supposées causées par une température trop forte sont supérieures aux apports des précipitations c'est à dire  $P < 2T$ . Lorsque la barre des précipitations est sous la courbe des températures, la saison est déficitaire (sèche) et lorsqu'elle la dépasse, la période correspondante

est excédentaire, on est alors dans la situation où la saison est humide. Et, lorsque les deux valeurs se superposent, les besoins en eau sont couverts (Fig. 12).

Selon le diagramme ombrothermique de Bagnols et Gaussen de notre zone d'étude on peut distinguer deux périodes : la première tempérée et humide qui s'étale du deuxième décana du mois d'octobre jusqu'au dernier decanna du mois de mai et l'autre plus chaude et sèche qui va de la fin mai au début d'octobre (Fig. 12).



Ce diagramme peut varier d'une année à une autre selon les conditions climatiques. Notre zone d'étude est caractérisée par une aire ombrothermique importante de laquelle on peut retenir une saison sèche qui s'étale du mois de Mai jusqu'à la mi-octobre marquée par des hausses de températures et par la rareté des pluies et une autre période plus humide relativement pluvieuse pour le reste de l'année.

Les conditions climatiques de notre région d'étude lui donnent la vocation de grandes cultures pluviales (céréales et légumes secs) associées au pastoralisme (élevage ovin).

Ce diagramme a été établi à partir de données météorologiques d'une période de trente années (1985-2015) fournies par Climat-Data.org. <https://fr.climate-data.org/afrique/algerie/tiaret-1117/>, <http://www.tutempo.net/en/> et la station météorologique O.N.M – Tiaret (2015).

#### D. Climagramme d'Emberger

La détermination du quotient pluviométrique permet de positionner la zone d'étude sur le climagramme. Il s'agit d'un indice qui permet de déterminer selon Emberger à quel étage bioclimatique appartient une zone donnée. Il est obtenu à partir de la formule suivante :

$$Q2 = \frac{2000P}{(M^2 - m^2)}$$

- Q<sub>2</sub> : quotient pluviométrique d'Emberger
- P : pluviométrie moyenne annuelle
- M : t° maximale du mois le plus chaud
- m : t° minimale du mois le plus froid

Avec une valeur de Q<sub>2</sub> comprise entre 35 et 40, la zone d'étude se positionne sur le climagramme d'Emberger dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais (Fig. 13).

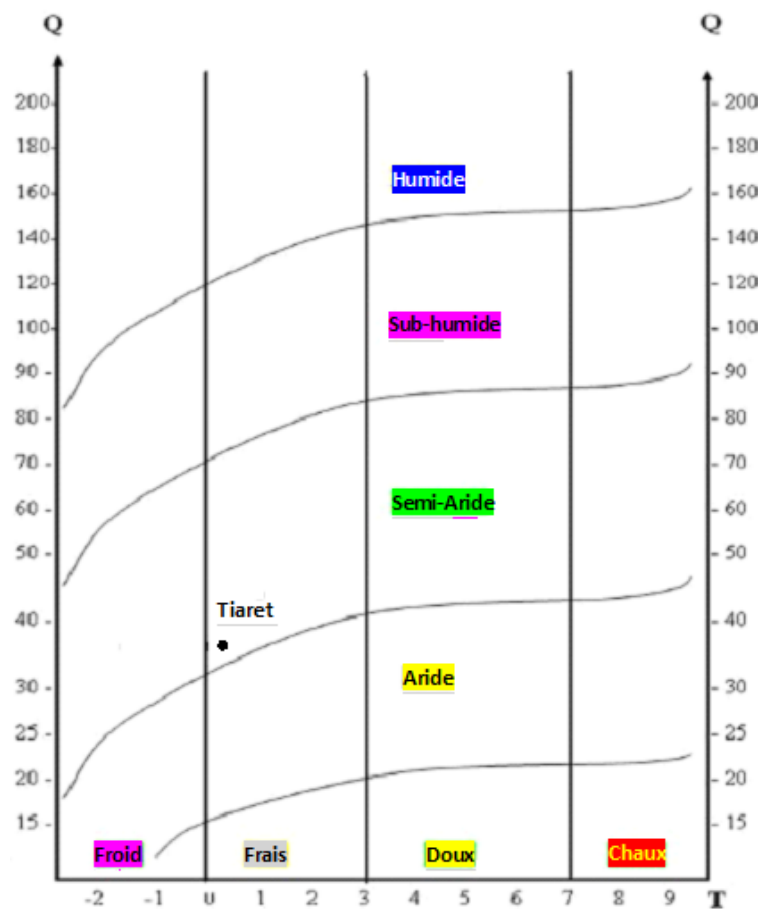


Figure 13. Climagramme d'Emberger (région de Tiaret)

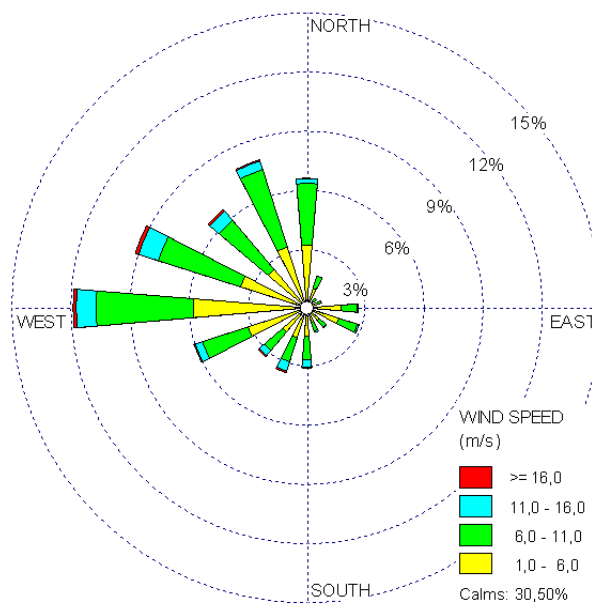
## E. Les vents

Avec sa force, sa direction et sa fréquence, le vent demeure lui aussi comme l'un des facteurs les plus caractéristiques du climat et sa connaissance s'avère aussi nécessaire. Il possède un régime de déplacement variable en fonction de l'altitude, la pression atmosphérique et les saisons.

C'est un facteur climatique qui entraîne aussi des variations de températures et d'humidité en augmentant sensiblement l'évapotranspiration avec des conséquences sur les déficits du bilan hydrique.

Selon la rose des vents de la région de Tiaret (Fig.14), les vents dominants et humides pour la région de Tiaret sont ceux soufflant du Nord-Ouest par contre, ceux venant du Sud-Est sont les moins fréquents avec une vitesse moyenne variant de 13,2 à 14,9 m/s.

Un autre type de vent très chaud et très sec qui est le siroco souffle fréquemment du Sud au Nord souvent associé à des particules de sable et de terre fine durant la période estivale. C'est durant cette période sèche, qu'il cause le plus de dégâts aux sols et à la végétation déjà déshydratés par l'effet de la chaleur estivale. On enregistre 14 jours/an, il commence à souffler en moyenne de 0,9 à 1,9 jours dès le début de mois d'avril. Les maximums sont observés au mois de Juillet avec 3.6 jours en moyenne et 2.8 jours au mois d'août.



**Figure 14. Rose des vents de la région de Tiaret (période 90-14)**

## F. L'humidité relative

L'humidité relative annuelle moyenne est de 59 % avec un minimum pendant les mois de juillet et août (< 40 %) et un maximum pendant les mois de décembre et janvier où elle est supérieure à 75 %. Elle peut constituer un apport non négligeable d'eau pour les plantes pendant les périodes de déficit hydrique.

## **G. Les gelées**

Les gelées blanches sont très caractéristiques des hauts-plaines steppiques avec une moyenne annuelle de 40 jours. Le maximum est enregistré pendant le mois de janvier (> 11 jours) sans négliger celles des mois de mars et avril qui coïncident avec la reprise de la végétation. Certaines plantes comme la plupart des adventices ne sont pas sensibles aux gelées par contre d'autres en subissent des conséquences néfastes qui se répercutent sur les rendements. Ce qui augmenterait l'effet concurrentiel.

### **2.3. Choix du site expérimental**

Toute notre expérimentation s'est réalisée au niveau de la ferme expérimentale de l'université de Tiaret par des commodités matérielles, financières et sécuritaires. La station fait partie d'une zone à vocation à la fois céréalière pluviale et pastorale des hautes plaines steppiques algériennes à proximité de Ain Guesma (Mellakou) dans la région sud de Tiaret (Nord-Ouest, Algérie). Elle est située sur un étage bioclimatique semi-aride de type méditerranéen à une latitude de 35°15'11"N, une longitude de 01°14'4"E et une altitude moyenne de 956 m (fig. 15 & 16).

Après prélèvement de plusieurs échantillons

de sol de la station expérimentale, les résultats préliminaires des analyses physico-chimiques réalisées à l'INSID de Ksar Chellala (Tiaret) ont montré que le sol en question présente une bonne stabilité structurale équilibrée avec une texture à tendance sablo-limoneuse (15% d'argile, 31% de limon et 55% de sable), un pH de 7.9 et un taux de matière organique de 2.9% dû à une faible restitution des débris végétaux après la récolte.



**Figure 15.** Situation de la ferme pilote (extrait de l'image de Google Earth, 2017)



**Figure 16.** Situation de la parcelle expérimentale (extrait de l'image de Google Earth, 2017).

## 2.4. Approche méthodologique

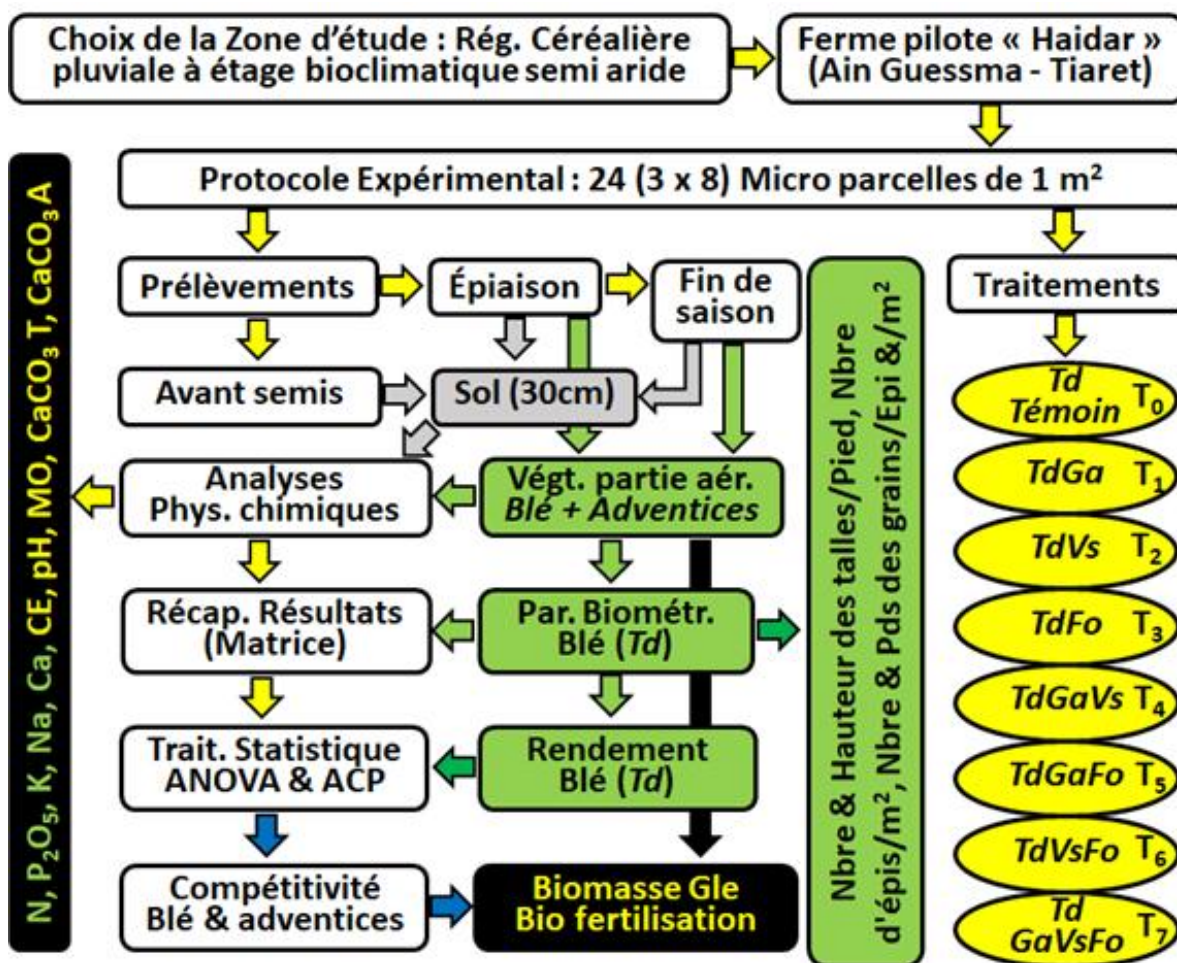
Le précédent cultural de la parcelle expérimentale étant une jachère non travaillée, ce qui a permis une levée maximum d'espèces d'adventices. Après exploration de la zone d'étude, le niveau de contamination le plus élevé des adventices est caractérisé par le *G. aparine*, *V. sativa* et le *F. officinalis* avec des densités moyennes respectives de 30, 10 et 20 plants / m<sup>2</sup>.

### 2.4.1. Protocole expérimental

Plus fréquentes et abondantes dans la zone d'étude, ces espèces ont été retenues avec les mêmes densités lors des différentes combinaisons dans l'expérimentation.

L'intérêt de notre travail est de concevoir l'effet compétitif de ces trois adventices *Galium aparine* (**Ga**), *Vicia sativa* (**Vs**) et *Fumaria officinalis* (**Fo**) sur la disponibilité des éléments minéraux dans le sol et le rendement de la culture du blé dur *Triticum durum* (**Td**).

L'évaluation de l'impact compétitif de l'insertion du Galium, la vesce sauvage et le Fumaria avec le blé dur sans utilisation de composés phytochimiques a fait l'objet de comparaisons entre plusieurs associations **TdGa**, **TdVs**, **TdFo**, **TdGaVs**, **TdGaFo**, **TdVsFo** et **TdGaVsFo** et un témoin correspondant au blé dur seul (**Td**) (Fig. 17).



**Figure 17. Approche méthodologique de l'expérimentation**

Les semis ont été réalisés toujours au mois de décembre sur 24 micro-parcelles de 1 m<sup>2</sup> avec trois répétitions par combinaison (fig.18).

Le dispositif expérimental (Fig. 18) mis en place vise à étudier les performances agronomiques d'une combinaison de blé dur (*Triticum durum*) et de trois types de plantes adventices les plus abondantes dans la parcelle agricole afin d'évaluer l'effet compétitif de l'insertion des plantes spontanées sur la croissance du blé dur en fonction de son comportement en culture pure et de son rendement.

Le schéma mentionné ci-dessus explique les différentes combinaisons étudiées dont le choix a été établi sur la base d'une prospection de la zone d'étude en choisissant les taux d'infections le plus élevés reflétant un contexte de forte compétition.

Afin d'assurer une certaine reproductibilité de l'expérimentation, toutes les micro-parcelles ont subi chaque semaine un désherbage manuel pendant toute la période de croissance.

Aucune incidence avec les insectes ou maladies n'a été observée et aucun produit chimique n'a été appliqué.

Répétition	Traitements (Combinaisons blé & adventices) <i>Triticum durum (Td), Galium aparine (Ga), Vicia sativa (Vs) et Fumaria officinalis (Fo)</i>							
	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>
R <sub>1</sub>	● ○ Td ● ●	● ○ TdGa ● ●	● ○ TdVs ● ●	● ○ TdFo ● ●	● ○ TdGaVs ● ●	● ○ TdGaFo ● ●	● ○ TdVsFo ● ●	● ○ TdGaVsFo ● ●
R <sub>2</sub>	● ○ Td ● ●	● ○ TdGa ● ●	● ○ TdVs ● ●	● ○ TdFo ● ●	● ○ TdGaVs ● ●	● ○ TdGaFo ● ●	● ○ TdVsFo ● ●	● ○ TdGaVsFo ● ●
R <sub>3</sub>	● ○ Td ● ●	● ○ TdGa ● ●	● ○ TdVs ● ●	● ○ TdFo ● ●	● ○ TdGaVs ● ●	● ○ TdGaFo ● ●	● ○ TdVsFo ● ●	● ○ TdGaVsFo ● ●
Prélèvements :								
○ Sol (avant semi), ● Sol & ● Végétation (épiaison et fin saison) & ● Par. Biométr. (fin saison)								

Figure 18. Dispositif expérimental avec 03 répétitions

#### 2.4.2. Outils et appareils utilisés

Dans chaque traitement, à l'aide d'une tarière agricole manuelle, des échantillons de sol prélevés de la couche arable (0-30cm) avant semi, en phase d'épiaison et en fin de saison ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques.

D'autres prélèvements de la partie aérienne du blé (*Td*) aux stades épiaison et fin de saison ont subi pratiquement presque les mêmes analyses et ont fait l'objet de mesures biométriques pour les paramètres physiologiques et de rendement.

La concentration totale en azote N (%) a été mesurée par la méthode Kjeldahl (ISO 11261), le phosphore assimilable P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (ppm) a été déterminé par la méthode de Joret Hebert AFNOR : X31-161 et la détermination des ions inorganiques K, Na et Ca a été effectué selon la méthode décrite par Lafon et *al.* (1996).

La matière organique MO (%) et l'analyse du carbonate de sol ont été déterminées à l'aide du calcimètre de Bernard.

À la fin de la saison de croissance, les plants de blé ont été récoltés manuellement afin de mesurer les paramètres physiologiques et de rendement (nombre et hauteur de talles, nombre d'épis par m<sup>2</sup>, nombre de grains par épi, poids des grains par épi, densité et poids des grains par m<sup>2</sup>).

Les résultats obtenus lors de l'expérimentation ont fait l'objet de représentations graphiques sous forme de simples histogrammes avec leurs écarts types afin de bien illustrer les différentes comparaisons entre traitements.

### 2.4.3. Matériel biologique

Le matériel végétal utilisé est constitué par le blé dur *Triticum durum* var simeto, une variété d'origine italienne caractérisée par un rendement élevé (Tabl.05) et par trois adventices introduites délibérément qui sont le *Galium aparine*, *Vicia sativa* et *Fumaria officinalis* compte tenu de leur important taux de présence dans les champs de blé.

<b>Tableau 05. Caractéristiques du blé dur <i>Triticum durum</i> var simeto</b>	
Caractères morphologiques	<b>Compacité de l'épi</b> : demi-lâche <b>Couleur de l'épi</b> : blanc <b>Hauteur de la plante à maturité</b> de 90 à 100cm
Caractères culturaux	<b>Cycle végétatif</b> : semi-précoce <b>Tallage</b> : fort
Tolérances aux maladies et aux différentes conditions climatiques	<b>Sensible</b> à la rouille brune, à la septoriose et à la fusariose. <b>Résistante</b> à l'oïdium <b>Résistante</b> au froid et sécheresse <b>Moyennement résistante</b> à la verse
Caractères technologiques	<b>Qualité semoulière</b> : très bonne <b>PMG</b> : 48g <b>Bonne résistance</b> aux mitadinage et moucheture

### 2.4.4. Caractérisation physico-chimique

#### A. Echantillons de sol

Plusieurs échantillons de sol ont été prélevés durant le mois de décembre à l'aide d'une tarière classique à différents endroits de la parcelle expérimentale avant le semis de la culture du blé sur une profondeur de 30 cm correspondant à la couche travaillée c'est-à-dire celle atteinte par les outils de travail du sol.

Ces échantillons ont fait l'objet d'un mélange pour en constituer un échantillon moyen homogène assez représentatif. D'autres prélèvements ont été effectués à la même profondeur aux stades épiaison et en fin de saison après la récolte pour chaque micro-parcelle.

## **B. Echantillons de la partie aérienne du blé et adventices**

Pour chaque parcelle élémentaire, nous avons procédé au prélèvement des échantillons de plants de blé. Le prélèvement a été réalisé au stade épiaison durant le mois de mai. Les échantillons comportant feuilles et tiges ont été séchés et broyés finement pour procéder aux différentes mesures de taux de l'azote total, le phosphore assimilable, le potassium, le calcium et le sodium.

La récolte des pieds de blé a été réalisée durant le mois de juin sur toutes les micro-parcelles, et les échantillons récoltés ont servi à l'estimation du nombre de graines/épi, du poids de graines/épi, du nombre de pieds par m<sup>2</sup>, du nombre de talles/pied et la hauteur maximale des plants de blé.

## **C. Mode opératoire**

Le sol est séché à l'air libre et seule la fraction inférieure à 2 mm est conservée pour les analyses physico-chimiques qui une partie a été faite au niveau de l'INSID de Ksar Chellala et l'autre partie a été réalisée au niveau des laboratoires de l'écologie et de géologie au niveau de l'université de Tiaret.

### **1. Détermination du pH KCl**

Le pH est un indicateur de l'état d'une terre au plan agronomique et renseigne sur sa dégradation chimique éventuelle due à une désaturation, la présence de certains sels toxiques, son activité microbienne, et sur son niveau d'assimilabilité des éléments par la plante. Le pH est mesuré dans une suspension Sol/KCl dans un apport de 1/5 à température ambiante.

Un échantillon de sol tamisé 10g est placé dans un bécher de 100ml, mis en contact avec 50ml de KCl et placé sur une enceinte d'agitation pendant 2h. La mesure est effectuée sur le surnageant après un temps d'équilibre d'une 1/2h. Un pHmètre à électrode de verre est utilisé pour mesurer le pH.

## **2. Mesure de la conductivité électrique**

La détermination de la conductivité électrique est nécessaire pour l'étude du complexe absorbant du sol, c'est une méthode qui a servi de standard pour mesurer la charge en sels solubles dans le sol. Il s'agit d'obtenir à partir d'un échantillon de sol, une solution de l'extrait du sol au 1/5 soit 10g de terre fine dans 50ml d'eau distillée.

Ce mélange doit être agité pendant 2 minutes avec un agitateur magnétique, après agitation, laisser le mélange se reposer ½ heure puis filtrer pour obtenir un filtrat clair. Les mesures de la conductivité électrique sont prises à l'aide d'un conductivimètre.

## **3. Dosage du calcaire total**

Le dosage du calcaire total contenu dans un échantillon de sol est déterminé par le calcimètre de Bernard. Afin d'étalonner l'appareil, on doit remplir l'ampoule de cet appareil par du NaCl (300g /l) de manière à ce que le niveau soit légèrement en dessous du zéro et on introduit 0,3g de CaCO<sub>3</sub> pur et sec au fond de l'erenmeyer.

On remplit le petit tube au  $\frac{3}{4}$  d'HCl (1/2 dilué) que l'on déplace délicatement à l'aide d'une pince dans l'erenmeyer, on le bouche en le mettant en relation avec la burette. Puis, on décroche l'ampoule et on fait la lecture du niveau de la burette soit V<sub>0</sub> le niveau lu. En inclinant l'erenmeyer (on verse l'HCl sur le CaCO<sub>3</sub>), on remarque le dégagement du gaz carbonique. On fait décrocher l'ampoule et on met en correspondance les niveaux et on fait une seconde lecture soit V<sub>1</sub>.

On répète toute cette procédure pour l'échantillon du sol en remplaçant le calcaire pur par 1g de sol broyé et tamisé à 0,2mm.

## **4. Dosage du calcaire actif**

Le dosage du calcaire actif est réservé uniquement aux échantillons contenant plus de 5% de calcaire total. Il s'agit de ne doser que la fraction fine facilement solubilisée du calcaire du sol.

La détermination du calcaire actif fait appel à la méthode de Drouineau-Galet, elle consiste à introduire 1g de terre fine dans un flacon de 250ml, on ajoute exactement 100ml de la solution d'oxalate d'ammonium à 0,2N, puis on agite pendant 2heures à l'aide d'un agitateur magnétique avec une vitesse de 1tour/seconde. On filtre la solution dans un bécher de 250ml, on reprend les premiers millilitres du filtrat et on les refiltre. On prélève avec une pipette 20ml

de la solution et on les verse dans un bécher de 250ml. On ajoute 100ml d'eau distillée, puis 5ml d'acide sulfurique concentré  $H_2SO_4$  et on chauffe l'échantillon sur bec bunsen jusqu'à  $60^\circ C$ . On titre avec la solution de permanganate de Potassium 0,2N jusqu'à coloration rose persistante.

### **5. Dosage de l'azote total**

La méthode utilisée pour la détermination de l'azote total est celle de Kjeldahl, elle consiste à introduire 10g de terre fine dans un matras, on ajoute 20ml d'eau distillée puis on agite et on laisse réagir pendant 30min, on ajoute par la suite 10,25g du mélange catalyseur qui est constitué de 5g de sulfate de cuivre + 5g de sulfate de potassium et 0,25g de Sélénium. On ajoute ainsi 20 à 30ml d'acide sulfurique pur et on met le matras au digesteur tout en réglant la température à  $400^\circ C$  pendant 01 heure. On laisse refroidir progressivement le matras et on transvase cette solution de terre dans une fiole jaugée de 250ml et on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée ; c'était la phase de minéralisation.

Pendant la deuxième phase qui est la distillation, on met 20ml de l'acide borique à 2% et l'indicateur dans un erlenmeyer de 250ml puis on agite bien le mélange. A l'aide d'une pipette, on prélève 20ml de cette solution dans une fiole et on ajoute 20ml de NaOH (50%), on place l'échantillon dans l'appareil de Kjeldahl et on commence à chauffer et à distiller jusqu'à l'obtention de 150ml de distillat dans l'erlenmeyer. On titre par l'acide sulfurique (N/10) jusqu'à l'obtention de la couleur rose. A la fin, on effectue un témoin sans terre en suivant les mêmes étapes précédentes.

### **6. Dosage du phosphore assimilable**

Le phosphore assimilable est dosé par la méthode de Joret-Hebert, il s'agit de placer 4g de terre finement broyée et homogénéisée dans un flacon de 150ml, on fait l'extraction on ajoute 100ml d'une solution d'oxalate d'ammonium (0.2N) et de pH=6.5 à 7, on agite pendant 02 heures dans l'agitateur mécanique puis on filtre sur filtre plissé. On recueille la solution dans un flacon de 100ml.

### **7. Dosage des éléments minéraux**

Nous avons procédé à la méthode de Lafon et *al.* (1996) pour le dosage des ions minéraux. Les feuilles des plantes concernées après leur arrachement sont enveloppées dans du papier aluminium et passées dans l'étuve à  $105^\circ C$  pendant 24 heures.

La poudre végétale finement broyée et homogénéisée puis séchée durant 24 heures à 80°C, elle est ensuite refroidie dans un dessiccateur pendant 30 mn. Une masse de 0,5g de la poudre végétale obtenue est pesée et déposée dans un creuset en porcelaine et placée dans un four à moufle dont sa température sera portée graduellement jusqu'à 650°C et puis maintenue pendant 03 heures jusqu'à l'obtention des cendres blanches.

02 ml d'acide nitrique HNO<sub>3</sub> absolu sont additionnés aux cendres obtenues après le refroidissement des creusets. Le tout est mis sur une plaque chauffante afin de permettre à l'acide de s'évaporer et puis remis de nouveau le creuset au four à moufle pendant 01 heure. Après l'enlèvement du creuset à partir du four à moufle, 01ml de l'acide chlorhydrique concentré est ajouté au contenu de la capsule pour être sûr que toute la matière organique est déminéralisée, ensuite le taux de cendres est déterminé par pesée.

La capsule et le filtre sont rincés à l'eau distillée, le mélange est filtré sur un papier filtre sans cendres dans une fiole jaugée de 50ml et ajusté au trait de jauge avec de l'eau bi-distillée. La mesure des taux des éléments minéraux contenus dans la solution obtenue se fait par spectrométrie à flamme et les densités optiques ont été converties selon la masse de l'échantillon et le volume de dilution.

## **8. Dosage de la matière organique**

La détermination de la teneur en matière organique a été obtenue par le dosage du carbone. Le taux de la matière organique : **MO = 1.72 x C**

Nous avons utilisé pour le dosage de la matière organique la méthode de Anne, elle consiste à mettre 1g de sol broyé et tamisé à 2 mm dans un erlenmeyer de 500 ml, on ajuste avec 10 ml de Dichromate de potassium puis on ajoute rapidement 20 ml d'acide sulfurique et on agite bien. On laisse reposer pendant 30 mn et on ajoute 200 ml d'eau distillée.

On fait introduire 20ml de ce mélange dans un erlenmeyer de 250 ml et on dilue jusqu'à 150 ml, on ajoute 01ml de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> et 3 gouttes de diphénylamine. Enfin, on titre en agitant avec la solution de Mohr (0,2N) jusqu'à l'obtention d'une couleur bleu vert.

Soit : (N : le nombre de millilitres de sel de Mohr versés).

On procède à un témoin en remplaçant la terre avec 1g de sable calciné (en trois répétitions). Soit : (n : le nombre de millilitres de sel de Mohr versés).

#### **2.4.5. Traitement statistique des données**

Il faut souvent compléter le travail du laboratoire avec des analyses statistiques. Pour celà, de nombreux logiciels existent qui permettent de faire aisément ces analyses, mais la partie délicate reste l'interprétation qui devrait toujours rester nuancée. Afin d'expliquer au mieux l'information contenue dans nos résultats, nous avons soumis nos données collectées à des analyses statistiques descriptives simples (moyenne, écart-type). Les résultats sont illustrés par des histogrammes avec des écart-types.

Par ailleurs, en vue de procéder à la valorisation de l'influence des trois espèces d'adventices sur la culture du blé dur, les données ont été appréhendées par le biais du logiciel statistique **XL STAT** pour mettre en lumière certaines liaisons entre les variables explicatives et l'impact des plantes adventices utilisées dans l'expérimentation d'une part. Et d'autre part, de découvrir les interactions entre des différentes variables afin de mieux apprécier les effets des différentes combinaisons (Blé / adventice) sur les propriétés physico-chimiques du sol et le rendement. Puis, des analyses de la variance **ANOVA** et l'**ACP** ont été réalisées pour chercher les facteurs de variations qui ont été significatives dans l'amélioration de la qualité nutritive du sol et dans l'impact des adventices sur le rendement du blé. Toujours le logiciel statistique **XL STAT** a été exploité pour cette analyse.

### 3.1. Impacts des adventices sur la concentration en éléments minéraux

#### 3.1.1. Dans le sol avant semis, stade épiaison et fin saison

##### A. L'azote total (N)

Concernant le traitement témoin blé seul, la concentration du sol en azote total a diminué progressivement pendant les trois périodes. Alors que les différentes adventices ont manifesté différemment vis-à-vis l'amélioration du sol en cet élément (Fig. 19).

À la fin de la campagne agricole, on a constaté une bonne amélioration du sol en azote total (N%) dans toutes les micro-parcelles et que ces teneurs ont été plus importantes en comparaison avec le traitement témoin (*Td*).

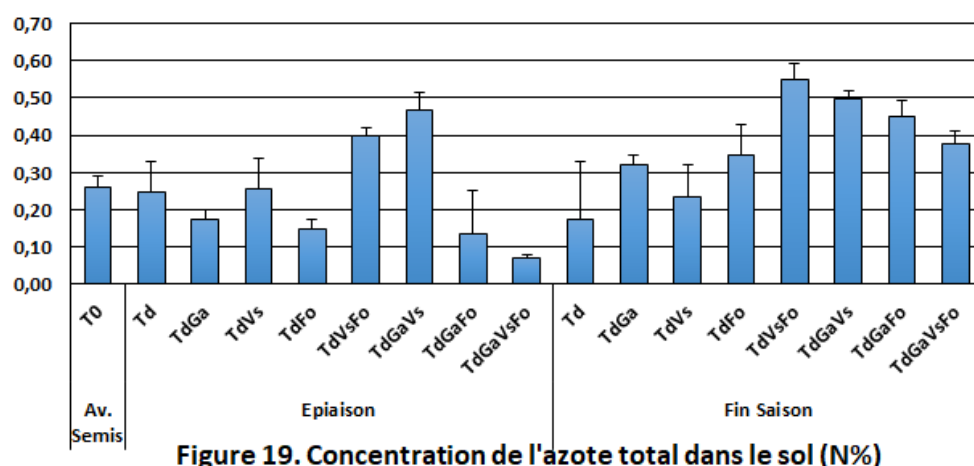
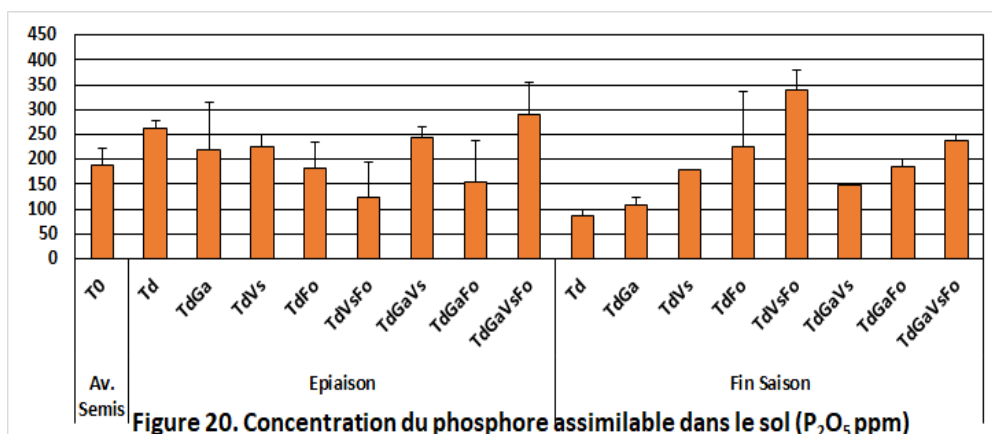


Figure 19. Concentration de l'azote total dans le sol (N%)

##### B. Le phosphore assimilable (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

D'après la figure suivante, la concentration du phosphore assimilable a été différente pendant les trois périodes dans le traitement blé seul (*Td*), elle a augmenté durant l'épiaison puis elle s'est diminuée brusquement à la fin de la saison.

Les adventices ont amélioré le sol par le phosphore assimilable pendant l'épiaison et à la fin de saison agricole sauf quelques combinaisons qui ont inhibé légèrement la teneur du sol en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Fig.20).

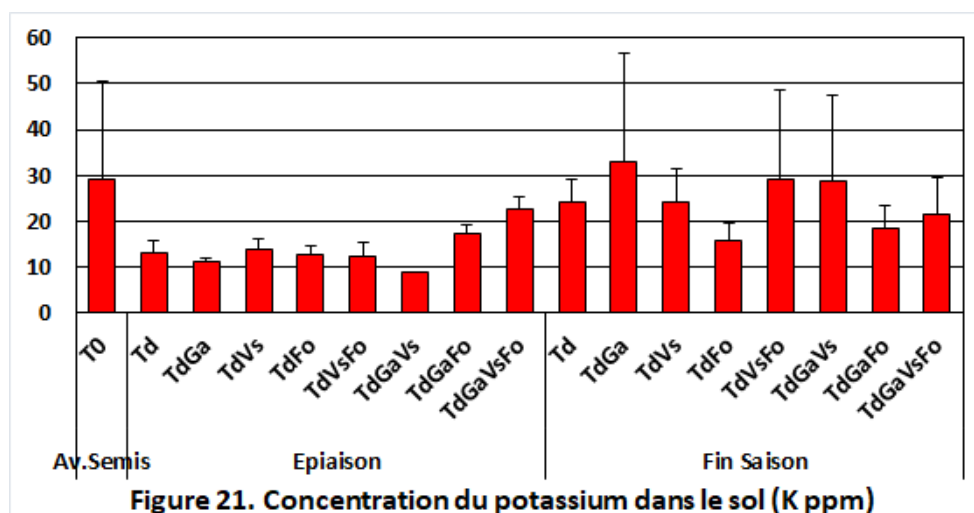


Pendant la période d'épiaison, la meilleure concentration en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a été enregistrée dans le traitement *TdGaVsFo* l'association des trois adventices à la culture du blé dur. Cependant, dans les autres traitements, la concentration du phosphore assimilable a noté une faible diminution.

Après la récolte, la teneur du sol en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en présence des différentes adventices était meilleure en comparaison avec le témoin (*Td*). Le traitement *TdVsFo* a enregistré la plus haute valeur.

### C. Le potassium (K<sub>2</sub>O)

Le taux du potassium au niveau du sol a noté une valeur plus élevée en début de cycle de culture puis cette valeur a diminué brusquement pendant la période épiaison dans le traitement contrôle (*Td*) alors que cette valeur s'est élevée de nouveau en fin de saison.

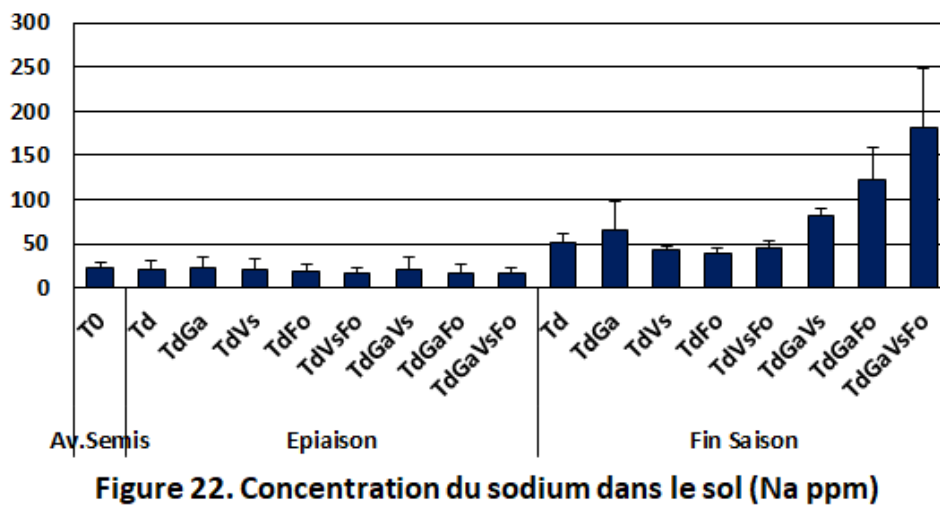


Pendant l'épiaison, la présence des adventices aux différents lots n'a pas eu d'influence sur la teneur en potassium. Par contre, la présence combinée des trois adventices a induit une augmentation importante de la teneur de cet élément. Ainsi, dans le traitement *TdGaFo* cette valeur a assez élevé.

A la fin de la saison agricole, toutes les micro-parcelles ont manifesté des teneurs beaucoup plus prononcées par rapport au stade épiaison. De manière générale, une hausse des teneurs du potassium a été marquée en présence des adventices en comparaison avec celles du témoin (*Td*).

#### D. Le sodium (Na)

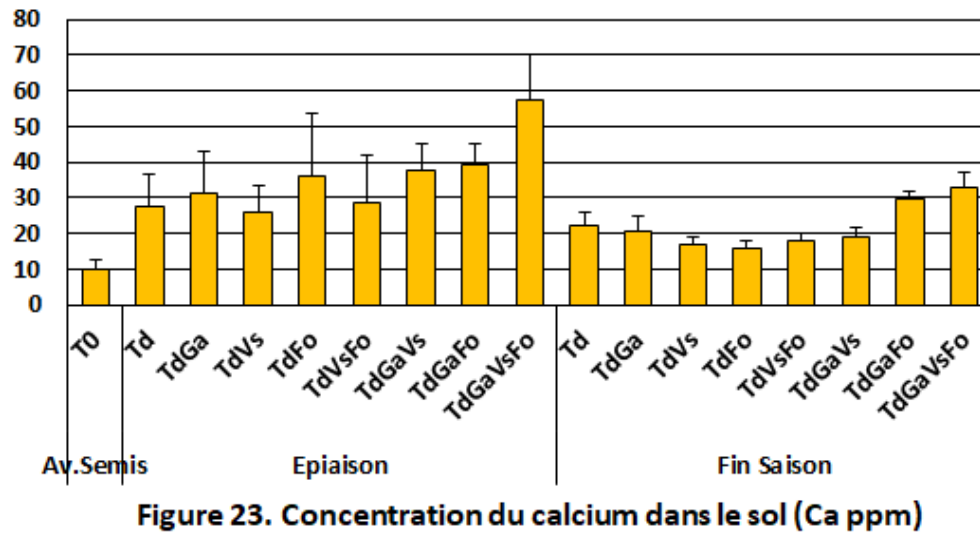
La concentration du sodium (Na) a été mesurée par l'utilisation d'un spectrophotomètre. Cette analyse montre une nette augmentation des valeurs enregistrées pour ce paramètre durant la campagne agricole et à la fin de saison.



La concentration du sodium (Na) au niveau de la totalité des micro-parcelles a augmenté à la fin de saison en comparaison avec la période épiaison et même le début de saison. Une teneur importante du sodium (Na) a été enregistrée dans le traitement *TdGaVsFo* par rapport aux autres traitements.

#### E. Le calcium (Ca)

La combinaison des adventices à la culture du blé dur a amélioré le taux du calcium au niveau du sol pendant la période épiaison contre une réduction de sa teneur en début de saison était réduite. A la fin de saison, la concentration de cet élément a diminué dans toutes les combinaisons effectuées.



**Figure 23. Concentration du calcium dans le sol (Ca ppm)**

Pendant la période épiaison, l'association des adventices à la culture du blé dur a produit une augmentation de la teneur du calcium et a enregistré des valeurs plus importantes que le traitement témoin. Sauf la combinaison de l'espèce *Vicia sativa* au blé (*TdVs*) a montré une valeur plus ou moins réduite.

Le traitement *TdGaVsFo* a enregistré la meilleure concentration du calcium (Ca) au niveau du sol.

### F. La matière organique (MO)

D'après les résultats obtenus, le pourcentage de la matière organique a diminué progressivement d'une période à une autre. Toutes les associations au cours de la campagne agricole ont manifestés le même comportement vis-à-vis la concentration de la matière organique.

Des réductions insignifiantes ont été signalées à la fin de la saison agricole dans tous les traitements, mais la valeur la plus petite a été enregistrée dans le traitement (*TdGaVsFo*) où l'association combinée des trois adventices avec le blé dur (Fig. 24).

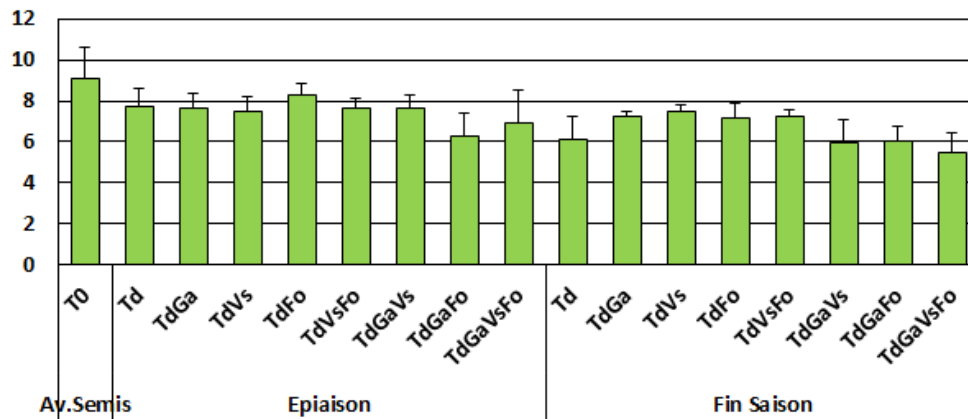


Figure 24. Concentration de la matière organique dans le sol (MO%)

### G. La calcaire total ( $\text{CaCO}_{3\text{Total}}$ )

Concernant le traitement témoin (*Td*), on enregistre une teneur plus élevée en  $\text{CaCO}_{3\text{total}}$  pendant l'épiaison et à la fin de saison qu'au début de la campagne. Dans les situations où les adventices sont imposées, les teneurs du calcaire totale ont notés de légères fluctuations durant les différentes périodes.

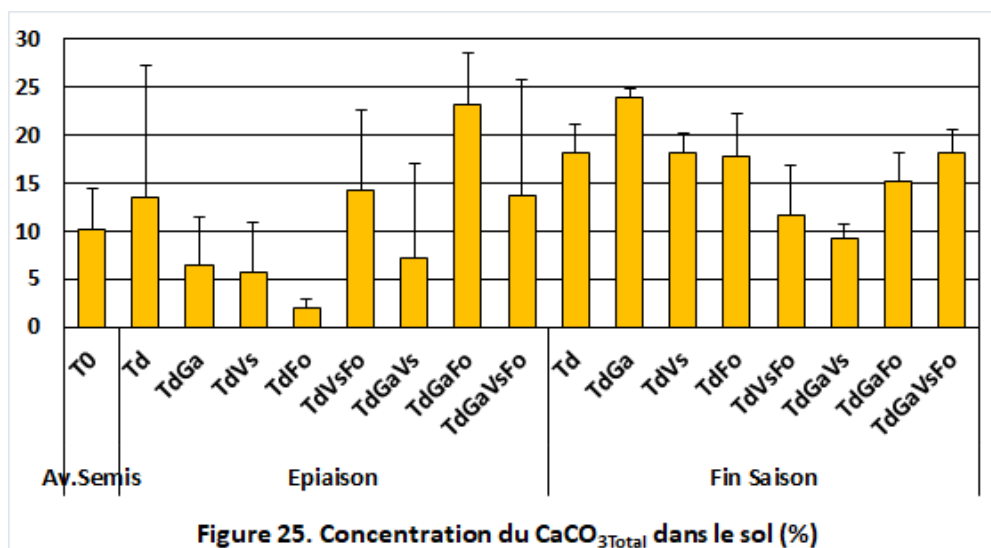


Figure 25. Concentration du  $\text{CaCO}_{3\text{Total}}$  dans le sol (%)

Pendant l'épiaison, la présence des adventices a réduit la teneur du calcaire total au niveau du sol sauf pour le traitement *TdGaFo* qui a enregistré une valeur maximale suivi du traitement *TdGaVsFo*. La teneur du sol en cet élément après la récolte a montré une certaine stabilité pour la totalité des traitements.

## H. Le calcaire actif ( $\text{CaCO}_{3\text{Actif}}$ )

Il est à noter que la concentration du calcaire actif a augmenté depuis le début de saison pour le traitement témoin (*Td*). L'introduction des trois adventices à la culture du blé a produit des variations importantes.

Une amélioration de la teneur du sol en calcaire actif à la fin de saison contrairement à la période épiaison, les combinaisons n'ont pas réagis de la même manière.

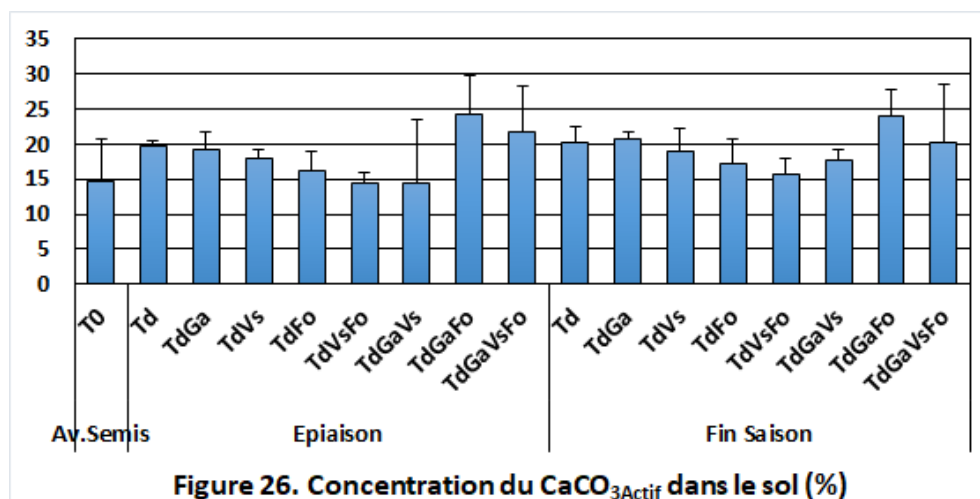


Figure 26. Concentration du  $\text{CaCO}_{3\text{Actif}}$  dans le sol (%)

### 3.1.2. Dans la partie aérienne de la plante au stade épiaison

#### A. L'azote total

Nos résultats font ressortir que la teneur des feuilles du blé dur en azote semble être distincte dans les différentes associations. Une accumulation importante de la teneur en azote a été constaté dans les feuilles des plantes du blé en présence des deux adventices *G. aparine* et *V. sativa* suivi du traitement *TdVsFo* d'où l'association de *V. sativa* et *F. officinalis*. Ainsi, la teneur en azote a augmenté dans les feuilles du blé dur pour le traitement *TdVs*, contrairement aux autres traitements, cette concentration a diminué.

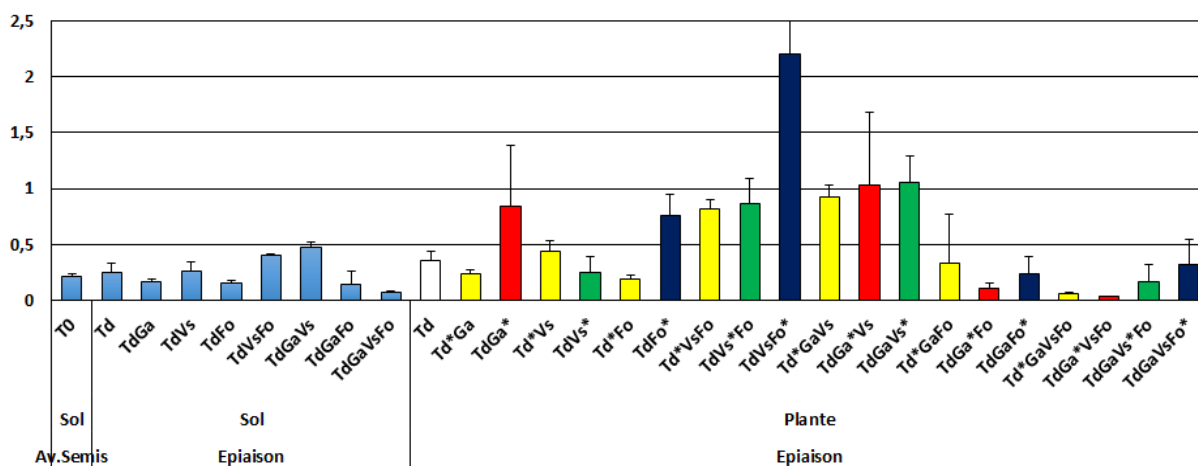


Figure 27. Concentration de l'azote total (%) au niveau du sol et de la partie aérienne de la plante

Les meilleurs résultats ont été enregistrés chez les traitements *TdGaVs*, *TdVsFo* et *TdVs* avec une meilleure accumulation de l'azote totale au niveau de la partie aérienne des plants du blé dur en comparaison avec le traitement témoin (*Td*) qui a enregistré une valeur moindre. Alors, pour les autres traitements, on a remarqué des concentrations plus faibles en cet élément. Le traitement *TdGaVsFo* a marqué la valeur la plus faible.

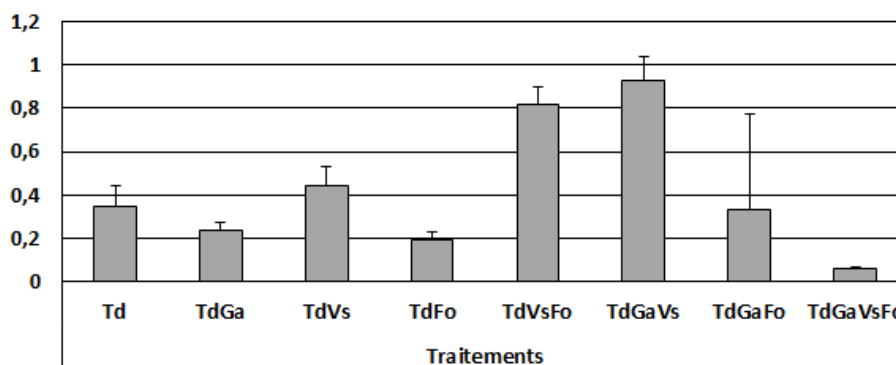


Figure 28. Accumulation de l'azote (N%) dans la partie aérienne des plants du blé dur (*Td*) au stade épiaison

## B. Le phosphore assimilable (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

D'après les résultats obtenus, la quantité du phosphore accumulée se varie d'une combinaison à une autre mais globalement elle est plus importante dans les feuilles du blé que celles des adventives. On remarque une bonne accumulation du phosphore dans les feuilles du blé dur dans le traitement *TdGaVsFo*. Alors qu'elle est plus ou moins similaire pour les autres combinaisons à l'exception du traitement *TdVs* où l'adventice *V. sativa* a accumulé plus de phosphore assimilable (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

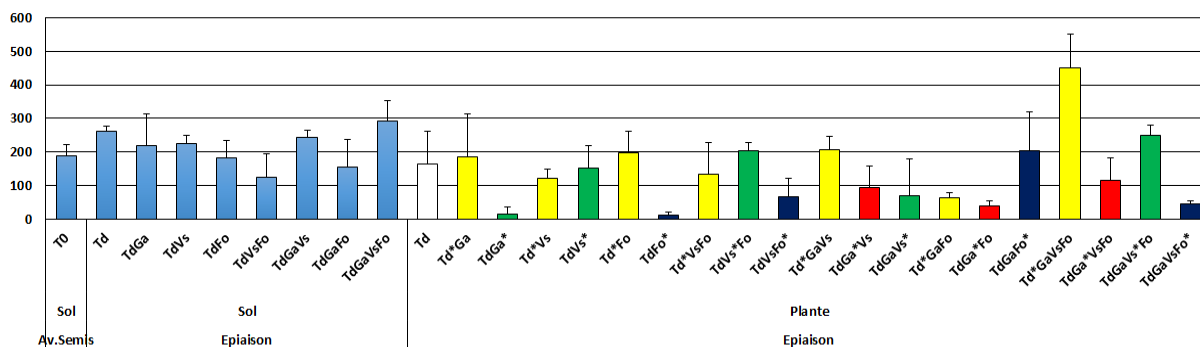


Figure 29. Concentration du phosphore assimilable (ppm) au niveau du sol et de la partie aérienne de la plante

La figure ci-dessous montre une meilleure accumulation du phosphore assimilable dans le traitement *TdGaVsFo*. Les associations *TdGa*, *TdFo* et *TdGaVs* ont permis d'augmenter la quantité du  $P_2O_5$  au niveau des feuilles du blé (*Td*). Par contre, cette quantité a rechuté dans les traitements *TdVs* et *TdGaFo*.

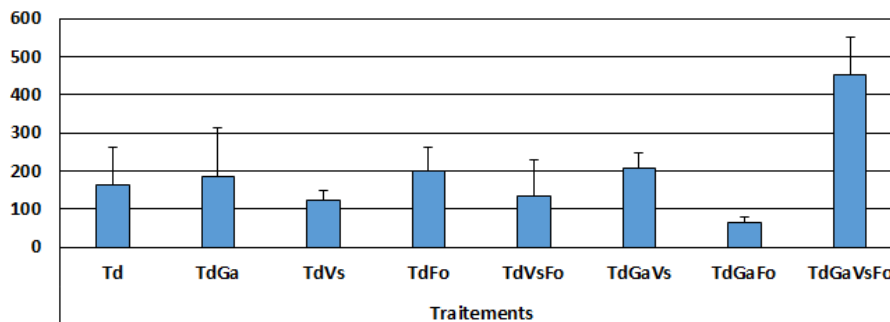


Figure 30. Accumulation du phosphore assimilable  $P_2O_5$  (ppm) dans la partie aérienne des plants du blé dur (*Td*) au stade épiaison

### C. Le potassium ( $K_2O$ )

La figure 25 représente le taux du potassium présent au niveau du sol et au niveau de la partie aérienne des différentes espèces. La teneur du potassium au niveau de la fraction végétale est supérieure à celle trouvée au niveau du sol. Pendant la période épiaison, les feuilles ont retenu une quantité plus importante du calcium par rapport au sol.

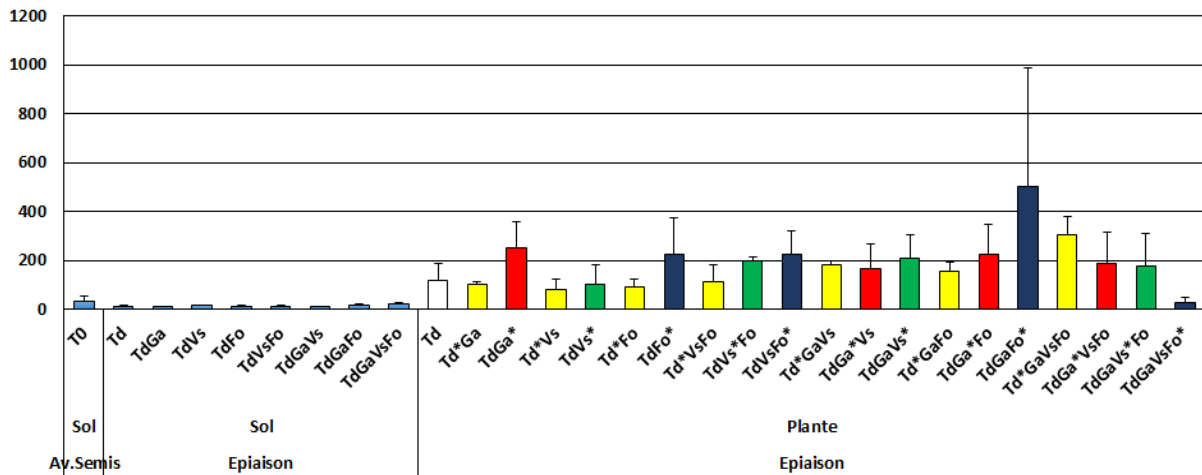


Figure 31. Concentration du potassium (ppm) au niveau du sol et de la partie aérienne de la plante

On remarque d’après la figure ci-dessus que le gain de la quantité du potassium a été plus élevé dans les feuilles des plantes adventices comparativement aux feuilles des plantes du blé et ceci quel que soit le type d’association. Ainsi, on observe que l’espèce *F. officinalis* a absorbé une quantité supérieure du potassium par rapport aux autres espèces.

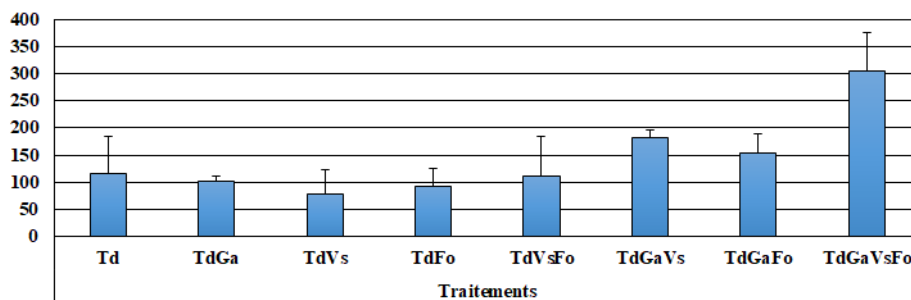


Figure 32. Accumulation du potassium K (ppm) dans la partie aérienne des plants du blé dur (*Td*) au stade épiasion

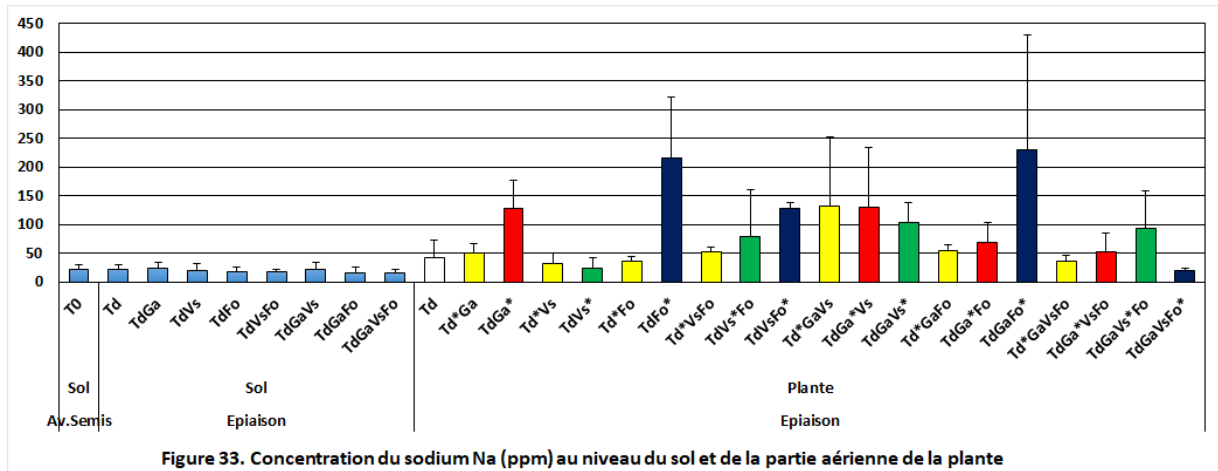
La teneur en potassium (K) du blé dur a été particulièrement augmentée dans les deux traitements *TdGaVs* et *TdGaFo* par rapport au traitement témoin (*Td*). Par contre, on observe une réponse minuscule qui souligne que la teneur en potassium a diminué lorsque le blé dur est soumis aux autres combinaisons. La meilleure teneur a été enregistré dans le traitement *TdGaVsFo*.

#### D. Le sodium (Na)

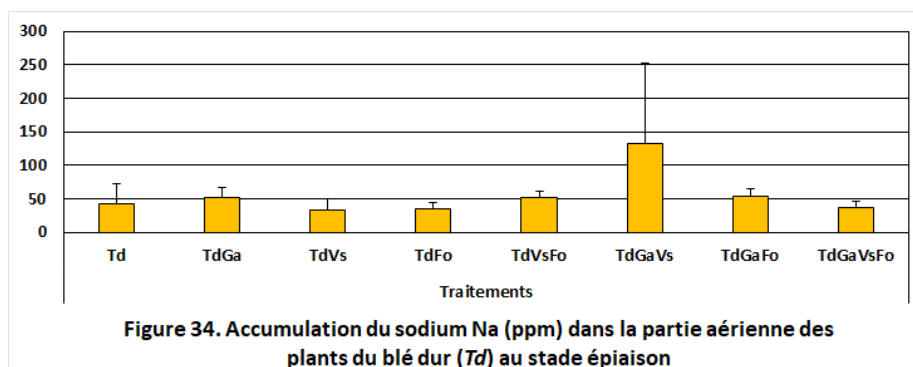
Le taux de salinité estimé au niveau des feuilles est plus fort que celui trouvé au niveau du sol. Les mesures effectuées ont démontré que la quantité du sodium accumulée par l’adventice *F. officinalis* est toujours supérieure à celle du blé dur, *G. aparine* et *V. sativa*.

Le taux de salinité évalué dans les feuilles du blé dur (*Triticum durum*) est plus important à celui mesuré dans les feuilles des adventices. Ces résultats ont été obtenus pour les traitements

*TdVs* et *TdGaVs*. Alors que pour les autres associations, le cas est contraire puisque la quantité de sodium a diminué dans les feuilles du blé en comparaison avec les feuilles des adventices.



Une comparaison a été faite sur les feuilles du blé dur soumises aux différentes combinaisons a permis de noter que la plus forte quantité du sodium a été accumulée dans le traitement *TdGaVs*. Cette quantité reste plus ou moins stable dans les autres traitements y compris le témoin blé seul (*Td*) à l'exception du traitement *TdVs* qui a enregistré la valeur la plus faible.



## E. Le calcium (Ca)

On constate selon la figure ci-dessous une variation de l'accumulation du calcium (Ca) entre la masse végétale vivante et son support qui le sol durant la période épiaison. Et au sein de la matière végétale, on remarque une augmentation d'absorption des molécules du calcium dans les feuilles des adventices alors elle est très faible dans les feuilles du blé dur.

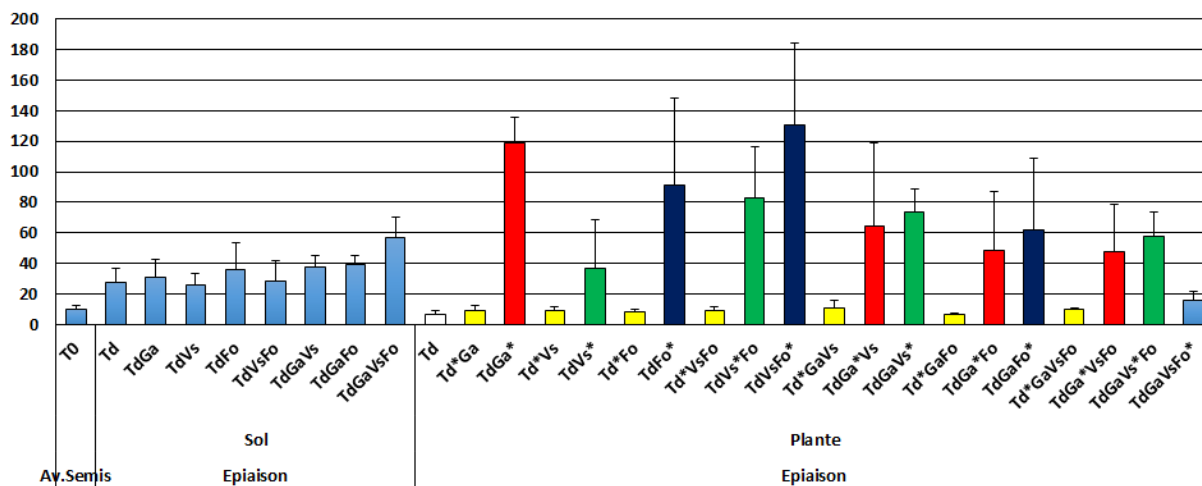


Figure 35. Concentration du calcium Ca (ppm) au niveau du sol et de la partie aérienne de la plante

Le taux d'accumulation du calcium (Ca) dans les feuilles du blé dur a été plus faible par rapport à celui mesurés dans les feuilles d'adventices. La présence d'une ou de plusieurs adventices sur le même lot avec le blé dur n'a pas affecté durement la quantité du calcium retenue par les feuilles de ce dernier.

Si on compare la quantité du calcium accumulée par les feuilles du blé dur dans tous les traitements, on remarque que les feuilles du blé en présence des adventices prélèvent plus de calcium en comparaison avec le traitement témoin (*Td*). La valeur maximale a été enregistrée dans le traitement (*TdGaVs*) suivi du traitement (*TdGaVsFo*) alors que la valeur minimale a été notée dans le traitement (*TdGaFo*).

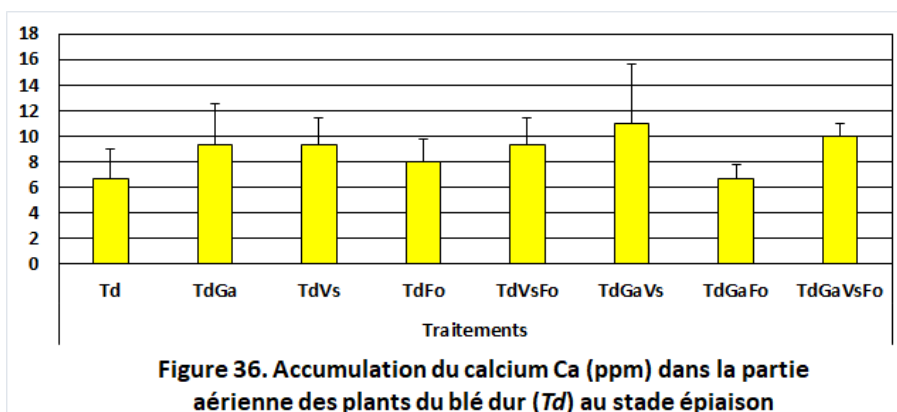
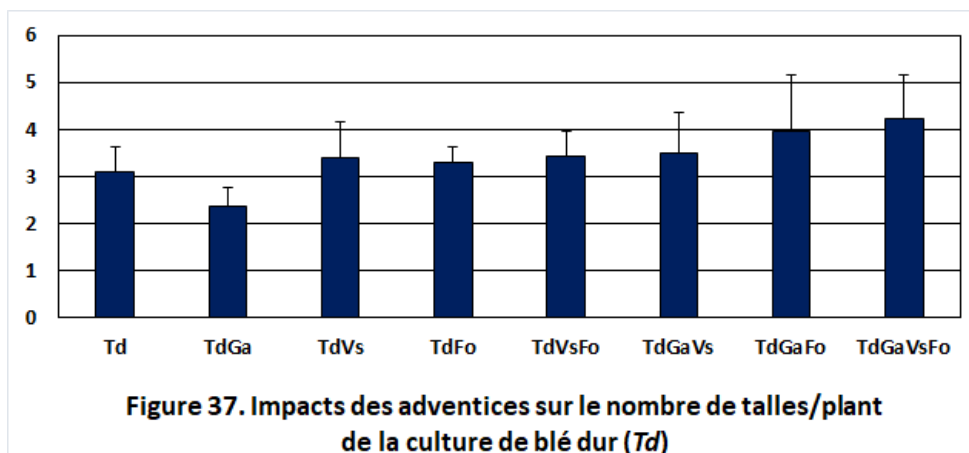


Figure 36. Accumulation du calcium Ca (ppm) dans la partie aérienne des plants du blé dur (*Td*) au stade épiaison

## 3.2. Impacts des adventices sur les paramètres de rendement de blé dur

### 3.2.1. Le nombre de talles par plant de blé dur

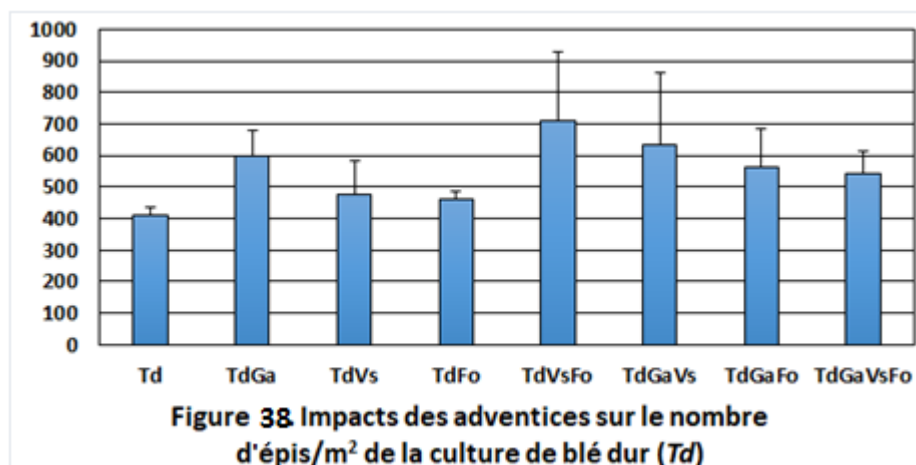
Le nombre de talles s'avère plus important en présence des adventices en comparaison avec le traitement témoin (*Td*).



L'association conjointe des trois adventices avec le blé dur (*TdGaVsFo*) provoque une amélioration significative concernant le nombre de talles par plant. La présence du *G. aparine* à la culture du blé (*TdGa*) influe négativement le nombre de talles par plant, il a enregistré le nombre le plus faible. Dans les autres associations, le nombre de talles semble être similaire avec une légère augmentation.

### 3.2.2. Le nombre d'épis / m<sup>2</sup>

L'interprétation de la figure 39, révèle que le nombre d'épis / m<sup>2</sup> est presque semblable pour tous les traitements sauf le traitement en comparaison avec le traitement témoin (*Td*) qui a marqué le nombre le plus faible.



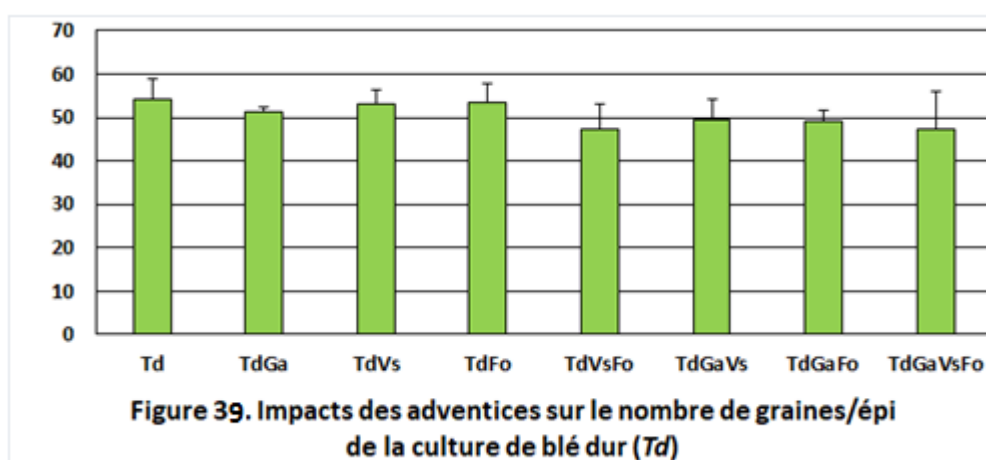
La présence des adventices à la culture du blé dur a influencé positivement sur le nombre d'épis/m<sup>2</sup>, la meilleure valeur a été enregistrée chez le traitement (*TdVsFo*) avec 709 épis/m<sup>2</sup>. Par contre, le traitement blé seul (*Td*) a affiché le nombre le plus faible avec une moyenne de 409 épis/m<sup>2</sup>.

### 3.2.3. Le nombre de graines/épi

L'analyse des résultats a montré que l'association des adventices avec le blé a induit une diminution du nombre de graines/épi (Fig.39).

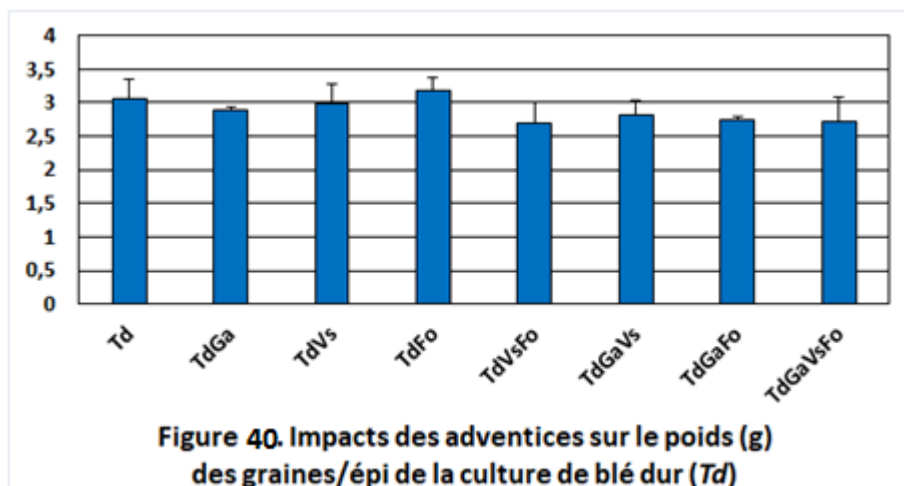
Le nombre le plus élevé de graines a été remarqué dans le traitement blé seul (*Td*) avec 54 graines/épi. Cependant, la présence de *V. sativa* et *F. officinalis* séparément ne semble avoir aucun effet sur le nombre de graines/épi alors que ce nombre a diminué en présence du *G. aparine* (*TdGa*).

L'association simultanée des deux adventices et même les trois adventices à la culture du blé a diminué le nombre de graines. Il est à noter que le plus faible nombre a été signalé dans le traitement *TdVsFo* avec 47 graines/épi.



### 3.2.4. Le poids des graines par épi

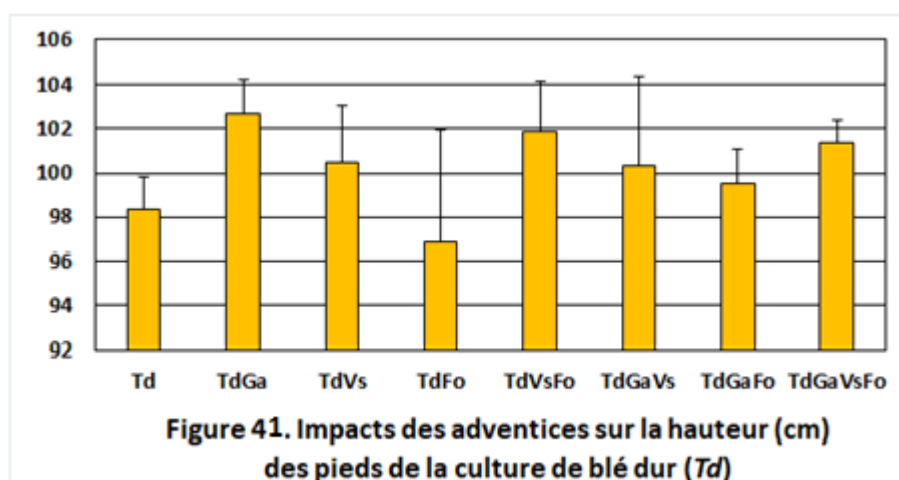
L'analyse de l'histogramme, nous permet de constater des différences remarquables en ce qui concerne ce paramètre (Fig.40), donc la présence des trois variétés d'adventice a induit un abaissement du poids de graines/épi en comparaison avec le contrôle (*Td*).



L'association de *F. officinalis* avec le blé dur (*TdFo*) a présenté la valeur la plus élevée, suivi du traitement (*Td*) qui a donné une bonne valeur concernant ce paramètre. Les traitements (*TdGa*) et (*TdVs*) ont affichés des valeurs plus ou moins semblables. Alors que la présence de deux adventices au blé dur (*TdGaVs*) (*TdGaFo*) et (*TdVsFo*) ont présenté des valeurs moins importantes, et c'est le même cas pour le traitement (*TdGaVsFo*). La valeur la plus faible a été détectée dans le traitement (*TdVsFo*).

### 3.2.5. La hauteur des plants de blé dur

La mesure de la hauteur maximale est considérée comme le meilleur indicateur des effets de la compétition. Dans les situations où les adventices ont été présentes, la hauteur des plants de blé a enregistré une augmentation importante alors qu'elle a diminué dans le traitement blé seul (*Td*).



Suite à l'association du *G. aparine* au blé (*TdGa*), les plants du blé dur ont manifesté un accroissement de la hauteur. Par contre, nous avons noté la valeur la plus basse pour le traitement (*TdFo*). Alors que la majorité des traitements présente des moyennes qui oscillent entre 100 et 102 cm.

### 3.3. Interprétation des résultats de l'analyse des données

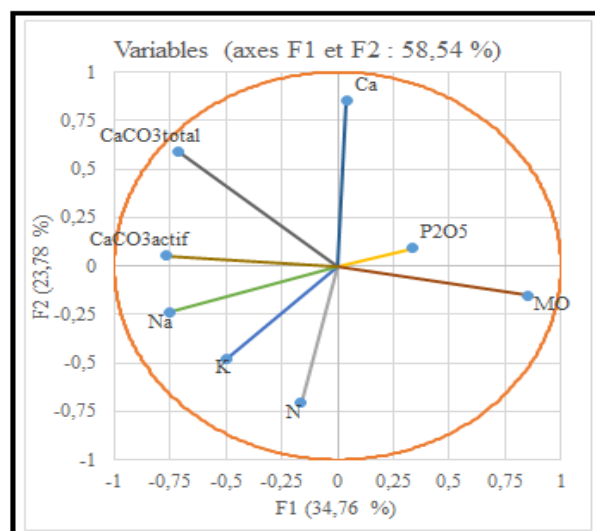
#### 3.3.1. Analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en composante principale (ACP) a permis de regrouper les paramètres physico-chimiques en fonction de leur disponibilité au niveau du sol et d'en dégager des groupes des combinaisons des espèces adventices qui influent leur abondance. Les axes F1 et F2 représentent 34,76% et 23,78% de l'information.

L'élément  $P_2O_5$  a une faible corrélation puisqu'il est proche du centre du plan factoriel. Le paramètre Ca est fortement corrélé à l'axe F1 ainsi que le paramètre N mais sur la moitié inférieure du cercle. Sur l'axe défini par le F2, les variables les plus corrélées à cette composante principale sont le  $CaCO_{3\text{actif}}$  dans le sens positif et la variable matière organique MO dans le sens négatif, et dans une moindre mesure, le Sodium Na et le Potassium K.

Les résultats de l'ACP de la matrice de 8 combinaisons entre la culture du blé dur et 3 espèces d'adventices, 8 paramètres physico-chimiques pendant la période épiaison sont présentés dans la figure 42.

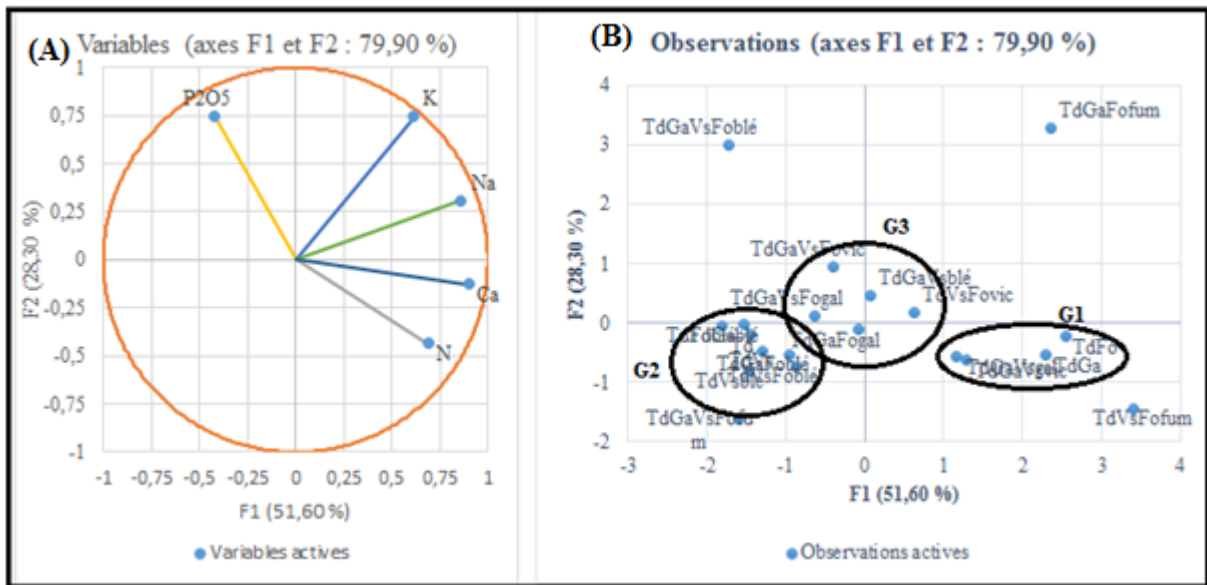
L'analyse de la figure 43 (A) fait ressortir 3 groupes d'éléments minéraux en fonction des types d'associations. En effet, l'axe F1 montre 2 groupes du côté positif à un troisième du côté négatif, donc l'axe F1 oppose l'élément  $P_2O_5$  contenu dans l'association *TdGavsFo* des autres éléments minéraux. Ainsi l'axe F2 pourrait correspondre à un gradient d'éléments les plus influencés par le type de combinaison. D'une manière générale, les tous les éléments minéraux mesurés au niveau de la fraction végétale présentent une forte corrélation.



**Figure 42. Variables quantitatives utilisées pour la réalisation de l'ACP**

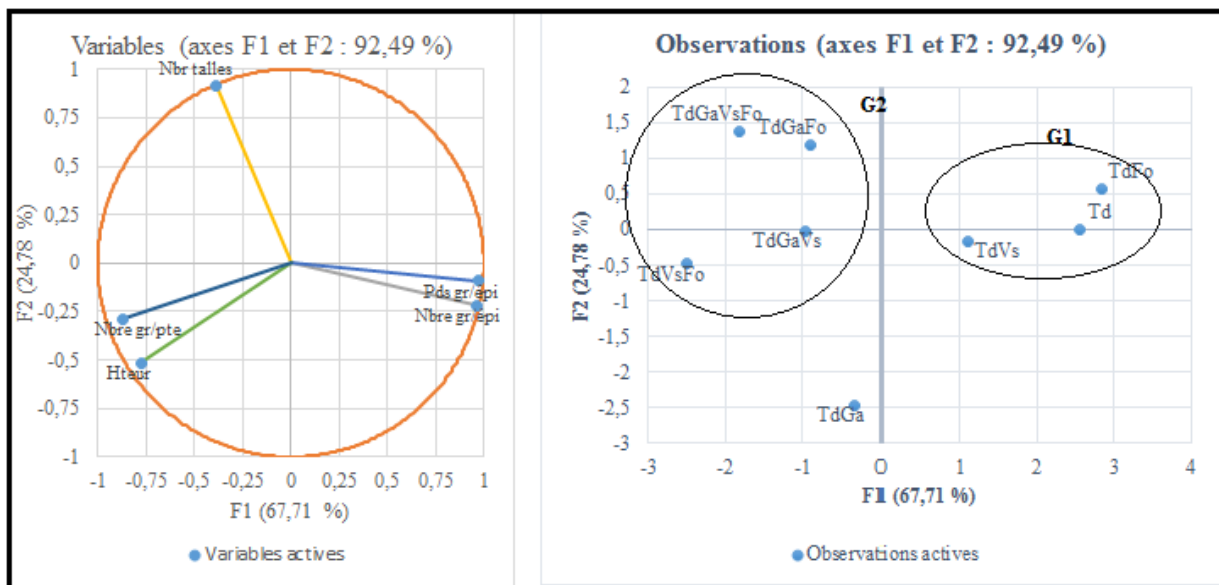
La figure ci-dessus représente le cercle de corrélation des variables (A) et répartitions des associations des adventices avec la culture du blé dur dans le plan factoriel F1xF2 pendant la période épiaison (B). L'axe F1 et F2 renferment respectivement 51,60% et 28,30% et expliquent au total 79,90% de la variabilité totale et sont plus corrélés avec les facteurs étudiés.

La figure 43 (B) révèle 3 groupements différents (G1, G2 et G3), le groupement G1 sur l'axe F1 positif, ce groupe est constitué par les associations *TdFo*, *TdGa*, *TdGaVsgal* et *TdGaVsvic* oppose le groupement G2 dans lequel on rencontre plusieurs associations entre autre *TdVsblé* et *TdVsFoblé* Alors que les combinaisons du groupe G3 sont très proches du centre du plan factoriel donc leur corrélation n'est pas assez forte. Ce groupe est formé par les associations suivantes : *TdGaVsFovic*, *TdGaVsFogal*, *TdGaFogal*, *TdGaVsblé* et *TdVsFovic*. Alors que les autres associations *TdGaVsFoblé*, *TGFfum*, *TVFfum* et *TdGaVsFofum* sont dispersées dans les quatre sens des axes.



**Fig 43. Cercle de corrélation des variables suivant les éléments minéraux (A) et répartition des combinaisons d'espèces pendant la période épiaison**

Le cercle de corrélation des variables de l'ACP sur les axes F1 et F2 est présenté dans la figure 44 (A). L'axe F1 explique 67,71% de la variance totale et permet de discriminer le nombre de graines/épi et poids de graines/épi dans les abscisses positifs au nombre de talles, nombre de graine/plante et hauteur maximale des plants du blé dur dans les abscisses négatives. L'axe F2 explique 24,78% de la variance totale et permet d'opposer le nombre de talles dans les ordonnées positives aux autres paramètres dans les ordonnées négatives.



**Fig 44. Cercle des corrélations des variables suivant les paramètres du rendement de la culture du blé dur (A) et répartitions des combinaisons d'espèces à la fin de la saison**

La figure 44 (B) représente la distribution des combinaisons d'espèces dans le plan formé par les axes factoriels F1 et F2. La répartition des paramètres du rendement permet de distinguer deux groupes d'associations (G1 et G2) avec une forte hétérogénéité. L'axe F1 permet d'opposer les combinaisons du groupe G1 qui se caractérisent par une faible corrélation entre elles à celles du groupe G2. Alors, la combinaison TdGa avec une forte corrélation, positionnée dans le quart inférieur gauche du plan factoriel a un lien négatif avec les deux axes F1 et F2. Le groupe G1 est constitué des combinaisons *Td*, *TdVs* et *TdFo*. En effet, un grand nombre d'associations forment le deuxième groupe G2 et qui sont *TdGaVs* et *TdVsFo* qui sont très proche à l'axe F2 et les combinaisons *TdGaFo* et *TdGaVsFo*.

### 3.3.2. Analyse de la variance (ANOVA)

Pour mieux valoriser les données collectés nous sommes amenés à une analyse de la variance au seuil de  $P=0,05$ . Les différences significatives entre traitements ont été identifiées avec un test de Tukey au seuil de  $P=0,05$  (Tabl.06). En agronomie le risque 0.05 est le plus couramment retenu (Vilain, 2012).

Quand des différences significatives entre les moyennes sont observées, le test de Newman-Keuls est utilisé pour comparer les moyennes entre les associations dans chaque période. Les valeurs significativement différentes sont identifiées par des lettres A, B, C, etc.

L'interprétation du tableau récapitulatif (Tab.06) se fait en deux étapes :

- Dans un premier temps, à travers une lecture horizontalement à partir du test de Fisher (F) pour chacune des variables afin de comparer l'impact global (NS à THS) de chaque facteur sur la variable et de voir ensuite à partir des groupes homogènes (A, B, AB, etc.) la participation de chaque modalité (étapes pour le premier facteur et les combinaisons pour le second facteur) par rapport à l'impact global du chaque facteur.
- Dans un second temps, à travers une lecture verticale à partir toujours du test de Fisher (F) afin de voir sur quelle variable l'impact global du facteur a le plus d'influence par rapport à une autre variable.

## A. Comparaison entre périodes

L'analyse des résultats obtenus montre que les variations de l'ensemble des paramètres (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K, Ca, Na, CaCO<sub>3</sub> total et actif, MO et pH) sont influencées par la nature des combinaisons pendant les trois périodes (avant semis, épiaison et fin de saison). L'insertion des adventices en association avec le blé dur a occasionné une forte augmentation des teneurs de l'azote total (N<sub>T</sub>), du calcium (Ca), du sodium (Na) et de la matière organique (MO) durant les deux périodes en comparaison avec le début de la saison (temps initial), différences statistiquement hautement significatives au seuil de 0,001%.

Cependant, les variations des teneurs du sol en calcaire total (CaCO<sub>3</sub>total) et du calcaire actif (CaCO<sub>3</sub>actif) ont été supérieures (HS) pendant les trois périodes. Alors qu'aucune variation n'a été enregistrée sur le paramètre P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pendant la période épiaison et période récolte (P>0,05).

Donc, basés sur l'analyse des moyennes, les groupes homogènes montrent que les facteurs conditionnant l'azote total (N<sub>T</sub>), K, Na, pH et CaCO<sub>3</sub>total sont liés à la troisième période fin saison (récolte). Alors que le Calcium (Ca) et le CaCO<sub>3</sub>total sont liés à la période épiaison. La matière organique (MO), CE et le potassium K sont liés au premier temps (avant semis).

## B. Comparaison entre traitements

L'association des adventices avec la culture du blé dur semble avoir une influence très hautement significative sur l'azote total (N<sub>T</sub>), le sodium (Na) et le Calcium (Ca) (P<0,001). Alors, les différentes combinaisons n'exercent aucunes variations notables (P>0,05) sur les autres variables (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K, CE, MO, CaCO<sub>3</sub>total et CaCO<sub>3</sub>actif).

D'après les résultats obtenus, les facteurs conditionnant l'azote total semblent liés aux *TdVsFo* et *TdGaVs* l'espèce *Vicia sativa* qui a montré une amélioration plus importante de la teneur du sol en azote total au niveau du sol pendant la période épiaison. Pour, les variables Na, Ca et pH sont fortement liées à l'association *TdGaVsFo*.

**Tableau 06. Récapitulatif des résultats de l'analyse statistique (ANOVA)**

Facteurs		Facteur 01 : Période				Facteur 02 : Traitement								
Modalités		Avant Semis	Épiaison	Fin Saison	F	Td	TdGa	TdVs	TdFo	TdVsFo	TdGaVs	TdGaFo	TdGaVsFo	F
Nr	Moy.	0,21	0,238	0,368	49,888	0,21	0,234	0,233	0,236	0,387	0,391	0,266	0,219	14,292
	GH	B	B	A	THS	B	B	B	B	A	A	B	B	THS
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Moy.	187,37	213,475	188,353	2,238	178,783	172,116	196,572	198,456	217,036	193,072	176,582	238,576	2,001
	GH	/	/	/	NS	/	/	/	/	/	/	/	/	NS
K	Moy.	29,333	14,042	24,292	6,775	22,111	24,556	22,556	19,222	23,556	22,333	21,667	24,444	0,124
	GH	A	B	A	HS	/	/	/	/	/	/	/	/	NS
Na	Moy.	21,667	19,083	78,25	75,247	31,111	36,333	28,333	26,444	27,556	41,333	53,444	72,778	6,573
	GH	B	B	A	THS	B	B	B	B	B	B	B	A	THS
Ca	Moy.	10	35,417	21,792	79,965	19,778	20,556	17,556	20,667	18,778	22,222	26,333	33,333	4,896
	GH	C	A	B	THS	B	B	B	B	B	B	B	A	THS
CE	Moy.	2,373	2,04	0,716	1,752	1,778	1,76	1,764	1,752	1,603	1,936	1,628	1,456	2,14
	GH	A	B	C	THS	/	/	/	/	/	/	/	/	NS
pH	Moy.	7,403	6,504	7,391	36,179	7,283	7,262	7,056	7,214	6,668	7,128	6,859	7,324	2,703
	GH	A	B	A	THS	A	A	AB	AB	B	AB	AB	A	HS
MO	Moy.	9,097	7,456	6,589	32,013	7,638	8	8,018	8,17	8	7,571	7,144	7,17	1,174
	GH	A	B	C	THS	/	/	/	/	/	/	/	/	NS
CaCO <sub>3</sub> Total	Moy.	14,753	18,461	19,312	5,974	18,198	18,197	17,156	16,043	15,001	15,566	20,998	18,912	1,494
	GH	B	A	A	HS	/	/	/	/	/	/	/	/	NS
CaCO <sub>3</sub> Actif	Moy.	10,167	10,729	16,5	7,75	13,944	13,5	11,333	9,944	12	8,833	16,167	14	1,364
	GH	/	/	/	HS	/	/	/	/	/	/	/	/	NS

NS = Non significatif ; S = Significatif ; HS = Hautement significatif ; THS = Très hautement significatif au seuil de probabilité de 5 %, 1 % et 1 % respectivement

## CHAPITRE IV. DISCUSSION

Une nouvelle approche de gestion des adventices respectueuse de la biodiversité est donc intentionnelle pour améliorer les fonctions bénéfiques dérivées des adventices en maintenant les espèces souhaitables ayant une grande valeur pour l'agro-écosystème (Tilman *et al.*, 2002). Après avoir examiné les informations disponibles dans la littérature scientifique sur l'impact du rendement de la culture et de la teneur en nutriments du sol, nous nous sommes concentrés sur la combinaison de trois adventices *Galium aparine*, *Vicia sativa* et *Fumaria officinalis* avec du blé dur en zone semi-aride (la région de Tiaret).

La flore adventice présente est plurispécifique, elle n'a pas été semée contrairement à la majorité des études réalisées pour caractériser la compétition. Les essais menés alors constituent de réels cas d'étude au champ où la flore n'a pas été artificiellement semée. Selon (Dangwal *et al.*, 2010), les adventices concurrencent les espèces cultivées pour l'espace, l'eau, la lumière du soleil, l'humidité et les nutriments.

### 4.1. Impact des adventices sur la nutrition minérale du blé dur

Dans les associations des cultures, les espèces associées établissent des

interactions négatives (compétitions) ou positives (facilitation et complémentarité de niche) pour exploiter les ressources du milieu.

Les résultats de cette étude préliminaire ont montré que la présence du *Galium aparine* a amélioré considérablement les concentrations des éléments nutritifs au niveau du sol. Une augmentation des teneurs de l'azote total, du phosphore assimilable a été enregistrée chez l'ensemble des associations en comparaison avec le traitement témoin (*Td*). Même pour le Sodium et le Calcium, leurs teneurs ont augmenté en présence du *G. aparine*. Sauf pour l'élément minéral Potassium K qui a enregistré des perturbations de ses concentrations en présence des adventices, on parle de *TdFo*, *TdGaFo* et *TdGaFoVs*.

Les mêmes résultats ont été observés en présence des adventices *F. officinalis* et *V. sativa*. Selon (Medds, 2014), les légumineuses ont la capacité de fixer biologiquement dans leur biomasse aérienne des quantités d'azote à travers des relations symbiotiques avec des micro-organismes du sol de la famille des rhizobiums.

De l'azote biologiquement fixé se trouve dans la biomasse souterraine, probablement en plus grande concentration du fait de la présence des nodosités des racines. Cette faculté qui est propre aux

légumineuses, leur confère lorsqu'elles sont associées à des espèces non fixatrices d'azote comme les céréales la possibilité de mettre en jeu un processus de complémentarité de niche pour l'azote du milieu.

Une quantité importante d'azote fixé par la légumineuse est transférée à la céréale pendant le temps de la culture associée, comme cela a été montré dans les prairies semées de ray grass/trèfle. En effet, les légumineuses apportent au sol des composés organiques riches en azote tout au long de leur cycle par leurs racines.

On peut supposer qu'une partie de cet azote peut être transférée à la céréale après minéralisation par les microorganismes du sol (Philippe, 2012). La vesce est considérée alors comme une espèce avantageuse à la culture du blé, nos résultats se concordent avec ceux de (Melakhessou et Bakkar, 2018) qui ont pu prouver que le *Melilotus albus* a un effet bénéfique pour la culture de blé.

La combinaison de ces trois espèces avec la variété du blé dur a donné de bons résultats par rapport au traitement témoin (Td). Mais en contre partie, nous avons trouvé une chute remarquable de la quantité du potassium (K) dans le sol en présence des adventices. Globalement, les espèces fixant mieux l'azote ont la capacité d'exporter des

quantités plus élevées du potassium et du phosphore assimilable (Betencourt, 2013).

Contrairement à (Lehoczky *et al.*, 2013), ils ont trouvé que la compétition pour l'azote total (N) était très dure entre le maïs et les adventices. Ainsi, (Shafiq *et al.*, 1994) ont déclaré que les adventices concurrencent plus efficacement le blé pluvial pour l'azote.

Alors que d'autres auteurs (Galal et Shehata, 2015) ont déclaré que certaines adventices peuvent être bénéfiques pour le riz dans les sols contaminés par des métaux lourds tels que *C. deformis*, qui accumulent des quantités plus faibles de macronutriments et des concentrations plus élevées de métaux lourds.

Pendant la période épiaison, les plants du blé dur ainsi que les adventices ont bénéficiés des éléments minéraux présents au niveau du sol, depuis les résultats trouvés les concentrations mesurées des éléments minéraux au niveau de la partie végétale étaient supérieures à celles mesurées au niveau du sol. D'après Lisan (2016), le *G. aparine* et *F. officinalis* sont des plantes nitrophiles, elles apprécient les nitrates.

Chez les associations *TdVs*, *TdGaVs* et *TdVsFo*, les teneurs de l'azote total au niveau des plants du blé dur étaient supérieures par rapport à celles des autres associations et par rapport au témoin (*Td*).

Alors, pour le phosphore assimilable ( $P_2O_5$ ), les plants du blé de ces associations *TdGaVsFo*, *TdGaVs*, *TdFo* et *TdGa* qui ont marqués une forte disponibilité de cet élément dans leur partie aérienne. En effet, Betencourt (2013) montre que la disponibilité du phosphore est plus fréquente et importante dans la rhizosphère des légumineuses que dans celle du blé dur. Ceci confirme ce qui est habituellement proposé dans la littérature présentant les légumineuses comme ayant des capacités supérieures à mobiliser le phosphore relativement aux autres espèces telles que les céréales. Pour le Potassium et le Sodium, on a remarqué des fluctuations de la disponibilité de ces éléments au niveau des plants du blé entre les différentes associations. Une forte accumulation de cet élément Calcium (Ca) au niveau des plants du blé dur des différentes association en comparaison avec celles du traitement control blé dur seul.

Sur l'ensemble des expérimentations menées par (Bedoussac *et al.*, 2012), les associations blé dur-pois d'hiver, blé dur-féverole d'hiver indiquent une meilleure efficacité de ces mélanges plurispécifiques pour l'utilisation des ressources du milieu (eau, lumière et nutriments dont l'azote).

De plus, les rendements de ces associations sont systématiquement supérieurs ou égaux aux rendements

moyens des cultures pures. Selon (Firbank *et al.*, 2010), les effets interactifs de 50 graines par  $m^2$  de *Bromus sterilis* L., *Galium aparine* L. et *Papaver rhoeas* L. avec la culture du blé tendre (*Triticum aestivum* L.) peuvent être observés, mais seulement à des densités très élevées.

#### **4.2. Impact des adventices sur les paramètres de rendement du blé dur**

Dans les champs cultivés, l'intérêt de l'entretien des adventices ne réduit pas de manière significative le rendement des espèces cultivées comme certains chercheurs l'ont montré (Cook *et al.*, 1997).

Plusieurs études ont montré que les composantes de rendement des céréales d'hiver sont touchées par la compétition des adventices mono et dicotylédones (Fenni, 2003 in Melakhessou et Bakkar, 2018). Alors que les résultats obtenus de notre expérimentation prouvent que 30 plantes /  $m^2$  de *G. aparine*, 10 plantes/ $m^2$  de *V. sativa* et 20 plantes /  $m^2$  de *F. officinalis* n'ont pas d'influence significative notable sur le rendement du blé.

Les mêmes résultats ont été trouvés par (Tlig *et al.*, 2012) dans leur test de compétition interspécifique entre une mauvaise herbe et l'orge (*Hordeum vulgare*), lorsqu'ils ont déclaré que *Diploaxis hara* n'a pas d'effet compétitif significatif sur les paramètres de croissance

de l'orge et la présence de cette mauvaise herbe n'a pas d'incidence sur les paramètres du rendement de l'orge. Les deux composantes de rendement (nombre d'épis par plant, nombre de grains par épi) sont affectées significativement par la présence des adventices (Melakhessou et Bakkar, 2018).

La présence de 30 plantes de *G. aparine* dans les traitements entraîne une légère diminution du nombre de talles par plant et du nombre de grains par épi par rapport au traitement blé seulement, alors que le nombre de plants par m<sup>2</sup> et la hauteur maximale des plantes ont augmenté. Ces résultats concordent avec les constatations de (Armin et Asghripour, 2011), ils ont dit que la folle avoine avait des effets nocifs sur le rendement du blé, donc une augmentation de la densité de la folle avoine entraîne une réduction du rendement du blé. Alors que Seavers et Wright (1999), d'après leur recherche, ont signalé que la capacité concurrentielle des cultivars de blé, d'avoine et de l'orge contre le *G. aparine* a été associée à une surface foliaire globale élevée, résistance à la perte de talles sous la pression de la concurrence et une plus grande hauteur des plantes cultivées.

En général, nos résultats diffèrent de ceux de (Mennan, 1998), quand il a rapporté que dix plantes de *G. aparine* / m<sup>2</sup> réduisaient le rendement du blé de 18% en

Turquie. En outre, (Aziz *et al.*, 2009) ont déclaré que les espèces de *Galium* pourraient entraîner des pertes de rendement allant jusqu'à 32% à des densités de 72 plants / m<sup>2</sup> dans le champ de blé.

Dans d'autres recherches, les rendements de blé d'hiver ont été réduits de 12 à 57% par la compétition du *G. aparine* dans des essais sur le terrain en Angleterre (Wilson et Wright, 1987). (Baye et Bouhache, 2007), dans leur étude, ont montré que les paramètres de croissance du maïs étaient affectés par la présence de feuilles d'argent. De plus, le *Parthenium* (*Parthenium hysterophorus* L.) a causé des pertes de rendement sur le maïs (*Zea mays* L.), ces résultats sont rapportés par (Safdar *et al.*, 2015).

Concernant l'autre adventice, 20 plantes de *F. officinalis* augmentent le nombre de talles par plante, le poids des grains par épi et le poids de grains par m<sup>2</sup>, alors que sa présence affecte légèrement le nombre de grains par épi et la hauteur des plantes. Dans les œuvres collectées, nous ne trouvons pas de résultats comparables ou dissemblables.

La mesure de la hauteur maximale des tiges des plants du blé ne rentre pas dans le rendement théorique (RDT), mais reste très déterminante pour le développement de l'épi et de la culture. Selon nos résultats, la

tige des plants du blé est bien développée avec une moyenne de 101cm, à cause d'un bon émiettement du sol dû au bon développement racinaire ce qui a conduit à une bonne production de la paille.

La concurrence entre les cultures et les adventices est souvent maximale lorsqu'elles partagent les mêmes ressources en même temps. C'est souvent le cas des plantes de la même espèce où l'architecture est très similaire (blé et black-grass / colza et moutarde sauvage / betterave et chénopode) (Valantin-Morison *et al.*, 2008). De même, toutes les espèces n'ont pas la même capacité à interférer avec la culture (Thornton *et al.*, 1990 ; Onofri et Tei, 1994).

Enfin, dans une vision globale, il est aujourd'hui important d'entrevoir que les plantes adventices peuvent fournir des services écosystémiques (Marshall *et al.*, 2003) même s'ils restent difficiles à estimer.

## Conclusion générale

La reconnaissance du fait que les ressources naturelles ne sont pas infinies et qu'elles doivent être utilisées de façon judicieuse pour garantir durablement la rentabilité économique, le bien-être social, et le respect de l'équilibre écologique vise une amélioration dans la gestion de la flore adventice et l'utilisation des ressources naturelles locales fournis par la nature comme intrants fonctionnels.

La majorité des travaux de recherche scientifique confirme que les adventices concurrencent les cultures pour l'eau, la lumière et les éléments minéraux et peuvent causer des chutes importantes de rendement si elles ne sont pas contrôlées. Alors que d'autres études, notamment celles de grandes cultures comme les céréales, visent la conservation des espèces menacées par l'utilisation intense des intrants.

Devant les nouveaux et incontournables défis posés à l'agriculture, pourquoi ne pas parier sur la mise en œuvre des adventices sur les parcelles agricoles ? Celui-ci permet une gestion durable des ressources naturelles dans des processus productifs de type agricole qui inscrivent typiquement leurs effets sur le temps long.

Les résultats disponibles sont très variables, mais nous ne notons généralement aucune réduction significative

des rendements des cultures en présence des adventices. Dans notre cas, les trois adventices testées (*G. aparine*, *V. sativa* et *F. officinalis*) séparément ou combinées n'occasionnent pas de perte significative de rendement et ont par contre un impact bénéfique sur les nutriments du sol.

Le *G. aparine* seul ou en combinaison avec les deux autres adventices, améliore considérablement la fertilité du sol par l'augmentation de la concentration de l'azote total, le phosphore assimilable, le potassium. Alors que sa présence induit une légère élévation du taux du sodium, du calcium et de la matière organique.

Contrairement au *G. aparine*, le *F. officinalis* n'a pas favorisé l'augmentation du taux du potassium au niveau du sol ni du taux du sodium mais, sa présence a amélioré fortement la teneur de l'azote total, du phosphore assimilable et du calcium.

Le comportement de *V. sativa* est similaire aux deux autres espèces du fait de sa contribution positive à l'amélioration de la fertilité du sol par l'augmentation significative de la teneur de l'azote total, du phosphore assimilable, du potassium et du sodium. Alors, aucun progrès n'a été signalé pour la teneur du calcium.

Dans une vision globale, il est aujourd'hui important d'entrevoir que les

plantes adventices peuvent fournir des services écosystémiques (Marshall *et al.*, 2003) même s'ils restent difficiles à estimer, cette question qui mérite plus amples recherches dans le futur.

La recherche dans ce domaine est un nouveau chantier récemment ré-ouvert. Ce domaine est encore relativement vierge et neuf, et laisse un bel espace de liberté pour les chercheurs agronomes afin de sélectionner les espèces végétales et maintenir les mélanges des couverts végétaux adaptés aux différentes conditions pédoclimatiques, aux systèmes culturaux et aux objectifs agronomiques visés.

## Références bibliographiques

1. **Abdin O.A, Coulman B.E, Cloutier D.C, Faris M.A, Smith D.L., 1997.** Establishment, Development and Yield of Forage Legumes and Grasses as Cover Crops in Grain Corn in Eastern Canada. *J Agron Crop Sci.* **179(1)**, 19-27.
2. **Abdin O.A, Zhou X.M, Cloutier D, Coulman D.C, Faris M.A, Smith D.L., 2000.** Cover crops and interrow tillage for weed control in short season maize (*Zea mays*). *Eur J Agron.* **12(2)**, 93–102.
3. **Achir M, Hellal B., 2016.** Reflexions sur les variations pluviométriques de la région de Tiaret (Algérie occidentale) durant la période : 1984 - 2015. *European Scientific Journal* April 2016 edition vol.12, No.11. URL: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n11p498>
4. **Adjabi A., 2010.** Etude de la tolérance aux stress abiotiques dans le blé dur (*Triticum durum* Desf) sous étage du semi-aride. Thèse. Doct. ENSA, El-Harrach, 88p.
5. **Albrecht H., 2003.** Suitability of arable weeds as indicator organisms to evaluate species conservation effects of management in agricultural ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **98 (2003)**, 201-211.
6. **Allali K., 2015.** Amélioration de la production du blé dur sous systèmes de culture innovants. Mém. Mag. Univ. Setif-Algérie, 158p.
7. **Amossé C, Jeuffroy M.H, David C., 2013.** Relay intercropping of legume cover crops in organic winter wheat: Effects on performance and resource availability. *Field Crops Res.* **145**, 78-87.
8. **ANAT, 2004.** Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire. Carte des étages bioclimatiques en Algérie.
9. **ANIREF, 2013.** Rubrique monographie wilaya de Tiaret, 7p.
10. **Armin M, Asghripour M., 2011.** Effect of plant density on wild oat competition with competitive and non-competitive wheat cultivars. *Agricultural Sciences in China* **10**,1554-1561.
11. **Ashenafi M, Dalga D., 2014.** Effect of herbicides on weed dynamics and yield and yield attribute of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in south eastern part of Ethiopia. *International Journal of Technologie Anhancing and Emerging Engineering Research* **2(4)**, 2347-4289.
12. **Aziz A, Tanveer A, Ali A, Yaseen M., 2009.** Density dependent interactions between cleavers (*Galium aparine*) and

- wheat (*Triticum aestivum*) planted at different times. Pakistan Journal of Agricultural Science **46**,258–265.
- 13. Babo B V., 2002.** Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina faso. Thèse pour l'obtention du grade de Philosophiae Doctor. Université Laval, Québec.
  - 14. Bahloul A., 1989.** La fertilisation azotée raisonnée des céréales. Revue Céréaliculture, Edition ITGC, Alger **20**, 15-19.
  - 15. Baye Y, Bouhache M., 2007.** Etude de la compétition entre la morelle jaune (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) et le maïs de printemps (*Zea mays* L.). Journal Compilation **37**,129–131.
  - 16. Bebba S., 2011.** Essai de comportement de deux variétés de blé dur (*Triticum durum* L. var. Carioca et Vitron) conduite sous palmier dattier au niveau de la région de Ouargla. Mém. Ing. Univ. Ouargla-Algérie, 71p.
  - 17. Bedoussac L, Bernard L, Brauman A, Cohan JP., 2012.** Les cultures associées céréale/ légumineuses en agriculture "bas intrants" dans le sud de la France. Technical Report Perf Com-ANR, France 29p.
  - 18. Beloued A., 2009.** Plantes médicinales d'Algérie. Office des Publications Universitaires, Alger, 5<sup>ème</sup> édition, pp284.
  - 19. Bennaceur M, Nailly M, Selmi M., 1999.** Effet d'un déficit hydrique, survenant à différents stades de développement du blé, sur l'humidité du sol, la physiologie de la plante et sur les composantes du rendement. *MEDIT*, n 2, p 53-60.
  - 20. Betencourt E., 2012.** Interactions entre céréales et légumineuse en association et acquisition de phosphore du sol : processus rhézosphériques sous-jacents. Thèse. Ecole doctorale SIBAGHE. 244p.
  - 21. Bolot S, Abrouk M, Masood-Quraishi U, Stein N, Messing J, Feuillet C, Salse J., 2009.** The "inner circle" of the cereal genomes. Current opinion in plant biology **12**(2), 119–125.
  - 22. Bond W, Davis G, Turner R., 2007.** The biology and non-chemical control of Cleavers (*Galium aparine* L.). The organic organization p12.
  - 23. Bouscasse C., 1883.** Destruction des herbes nuisibles aux plantes agricoles. Moreau Fils, Nantes (France). 110 p.
  - 24. Bouthiba A, Debaeke P, Hamoudi SA., 2008.** Varietal differences in the response of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) to irrigation strategies in a semi-arid region of Algeria. Irrigation Science **26**, 239-251.

- 25. Brahim M, Ramdane S, Adli Z., 2017.** La consommation alimentaire des céréales et dérivées selon les catégories socio-professionnelles en Algérie. *Revus Agrobiologia* **7(1)**, 382-389.
- 26. Burnie G, forrester S, Greing D, Guest S, Harmany M, Hobley S, Jackso G, Ledgett Charles M., 2010.** Évolution des génomes du blé (genres *Aegilops* et *Triticum*) au sein des *Poaceae*. Dynamique rapide de l'espace occupé par les éléments transposables et conservation relative des gènes. Thèse de Doctorat en sciences de l'université d'Évry-Val d'Essonne. France 149 p.
- 27. Cadet E., 2008.** Détection et discrimination des carences en N, P et K par la fluorescence induite par UV chez le tournesol nain (*Helianthus annuus*, « Sunspot »). Mémoire Univ. Québec, p 82.
- 28. Caussanel J.P., 1989.** Nuisibilité et seuil de nuisibilité des adventices dans une culture annuelle : situation de concurrence bispécifique. *Agronomie* **9**, 219-240.
- 29. Chennafi H, Bouzerzour H, Aidaoui A , Chenafi A., 2008.** Positionnement des exigences en eau de la culture du blé dur avec l'avènement du déficit climatique en milieu semi-aride des Hautes Plaines Sétitiennes (Algérie). *In: Proceedings of the 5th International Conference on Land Degradation. Valenzanos, Bari, Italy, 18-22 September 2008, pp: 59-62.*
- 30. Chikhi A.C., 1992.** Situation de la céréaliculture et perspectives de l'irrigation de complément du blé au niveau de la Mitidja. Thèse Ing. INA. El Harrach. 317p.
- 31. Clement F.E, Weaver J.E, Hanson H.C., 1929.** Plant Competition: An analysis of community function, Publ. N° 398, Carnegie Institute, Washington DC, 340p.
- 32. Clement G., 1971-** les céréales, (Grand court), Coll. Agro. Alimentaire. *Lavoisier*. 78-91p.
- 33. Clement J.M., 1984.** Dictionnaire de l'agriculture et de la vie rurale. Références LAROUSSE, Paris. 480 p.
- 34. COMIFER, 2005.** Comité Français D'Etudes et de Développement de la Fertilisation Raisonnée.
- 35. Cook RT, Bailey SER, McCrohan CR., 1997.** The potential for common weeds to reduce slug damage to winter wheat: laboratory and field studies. *Journal of Applied Ecology* **34(1)**,79-87.
- 36. Dangwal LR, Singh A, Singh T, Sharma C., 2010.** Effect of weeds on the yield of wheat crop in Tehsil Nowshera. *Journal of American Science* **6(10)**, 405-407.

37. **Delille L, 2007.** Les plantes médicinales d'Algérie. Édition BERTI. Alger. 122p.
38. **Djemadoum M., 1993.** Adventices des cultures dans la région de Bondoukuy : étude de la flore, de l'écologie et de la nuisibilité. Mém. Ing. Univ. Ouagadougou. 122p.
39. **Dubuis A., 1973.** Les principales espèces des adventices et leur écologie en Algérie. Séminaire National de désherbage des céréales d'hiver. Pp : 9-13.
40. **Dupont M.F, Altenbach B.S., 2003.** Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *Journal of Cereal Science* **38**, 133–146.
41. **Duyck P-F, Lavigne A, Vinatier F, Achard R, Okolle J.N, Tixier P., 2011.** Addition of a new resource in agroecosystems: Do cover crops alter the trophic positions of generalist predators? *Basic Appl Ecol.* 2011 Feb; **12(1)**, 47–55.
42. **Dénarié J, Debellé F, Promé J.C., 1996.** Rhizobium lipochitoooligosaccharide nodulation factors: signaling molecules mediating recognition and morphogenesis. *Annual Review of Biochemistry* **65**, 503-535.
43. **F.A.O, 1988.** La lutte raisonnée contre les mauvaises herbes. Manuel de l'instructeur, n° 12, p158.
44. **Fahad S, Hussain S, Chauhan BS, Saud S, Wu C, Hassan S, Tanveer M, Jan A, Huang J., 2015.** Weed growth and crop yield loss in wheat as influenced by rowspacing and weed emergence times. *Crop Protection* **71**, 101-108.
45. **Feddal MA., 2015.** Problématique de l'introduction des techniques culturales simplifiées pour la mise en place des grandes cultures en Algérie. Thèse Doctorat, ENSA El-Harrach Alger, p296.
46. **Fenni M., 2003.** Étude des adventices céréales d'hiver des Hautes Plaines Constantinoises. Écologie, dynamique, phénologie et biologie des Bromes. Thèse Doc. Es Sci., UFA Sétif, 165p.
47. **Franke AC, Lotz LAP, Van Der Burg WJ, Van Overbeek L., 2009.** The role of arable weed seeds for agroecosystem functioning. *Weed Research* **49**, 131-141. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3180.2009.00692.x>
48. **Galal TM, Shehata HS., 2015.** Impact of nutrients and heavy metals capture by weeds on the growth and production of rice (*Oryza sativa* L.) irrigated with different water sources. *Ecological Indicators* **54**, 108–115.

- 49. Gate P., 1995.** Ecophysiologie du blé : de la plante à la culture. Lavoisier Éditeur, Paris, France. 424 p.
- 50. Gautreau J., 1973.** Influence des facteurs climatiques sur la croissance et le développement d'une arachide hative. *Oléagineux* **28 (12)**, 567-577.
- 51. Gervy R., 1970.** Les phosphates et l'agriculture. Edition DUNOD, Paris. 298p.
- 52. Ghosheh H.Z, Bsoul E.Y, Abdullah A.Y., 2004.** Utilization of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) as a Smother Crop in Field Corn (*Zea mays* L.). *J Sustain Agric.*, **25(1)**, 5–16.
- 53. Goetz P, Ghedira K, Le Jeune R., 2009.** *Fumaria officinalis* L. (Fumariaceae). *Phytothérapie* **7**, 221-225. <http://dx.doi.org/10.1007/s10298-009-0399-2>
- 54. Goodman A., 2004.** Mechanical adaptations of Cleavers (*Galium aparine*). *Annals of Botany* **95 (3)**, 475-480. <http://dx.doi.org/10.1093/aob/mci038>.
- 55. Grama BS., 2008.** Utilisation des techniques d'électrophorèse pour l'identification et l'étude de la diversité des rhizobiums de quelques légumineuses. *Mém. Mag. Univ. Constantine* 93p.
- 56. Grignac P., 1978.** Le blé dur : Techniques agricoles. Tome I, 6-10.
- 57. Govindin JC., 2014.** Les plantes de service : une alternative au travail du sol dans les systèmes de culture d'ananas. Thèse doctorat, Univ. Antilles et Guyane, 193p.
- 58. Hakimi M. 1993.** L'évolution de la culture de l'orge : le calendrier climatique traditionnel et les données agro météorologiques modernes. *In the agrometeorology of rainfed barley-based farming systems. Proceeding of an International symposium.* Ed. Jones M., Marthys G., Rijks D. 157 – 166.
- 59. Halli L., Abaidi I. et Hacene N., 1996.** Contribution à l'étude phréologique des adventices des cultures dans les stations INA (céréales), de l'ITGC (légumineuses) et de l'ITCMI (pomme de terre). Thèse Ing. INA, El-Harrach, 86p.
- 60. Hamadache A., 1995.** Les adventices des grandes cultures. *Biologie, écologie, moyens de lutte.* ITGC, 55p.
- 61. Hannachi A., 2010.** Etude des adventices des cultures de la région de Batna : Systématique, Biologie et Ecologie. *Mém. Mag. Univ. Sétif*, 124p.
- 62. Hanitet K., 2012.** Les groupements des adventices des cultures dans la région d'Oran. *Mém. Mag. Univ. Oran*, 91p.
- 63. Hauggaard-Nielsen H, Mundus S, Jensen E.S., 2012.** Grass-clover undersowing affects nitrogen dynamics

- in a grain legume–cereal arable cropping system. *Field Crops Research* **136** (2012), 23–31.
- 64. Hervieu B., Capone R., Abis S., 2006.** The challenge posed by the cereals sector in the Mediterranean. *Ciheam analytical note*, N°9: 14p.
- 65. Hiltbrunner J., Streit B., Liedgens M., 2007.** Are seeding densities an opportunity to increase grain yield of winter wheat in a living mulch of white clover?. *Field Crops Research* **102** (3), 163-171.  
doi:10.1016/j.fcr.2007.03.009.
- 66. Hiltbrunner J., Liedgens M., 2008.** Performance of winter wheat varieties in white clover living mulch. *Biological Agriculture & Horticulture* **26** (1), 85-101.
- 67. Hooks C.R.R., Hinds J., Zobel E., Patton T., 2013.** Impact of crimson clover dying mulch on two egg plant insecth. *Journal of Applied Entomology* **137** (3), 170-180.  
doi:10.1111/j.1439-0418.2012.01729.x.
- 68. Hummel J.D., Dossdall L.M, Clayton G.W, Harker K.N, O'Donovan J.T., 2010.** Responses of the parasitoids of *Delia radicum* (Diptera: Anthomyiidae) to the vegetational diversity of intercrops. *Biological Control* **55** (3), 151-158.  
doi:10.1016/j.biocontrol.2010.08.004.
- 69. Ilnicki R, Enache A., 1992.** Subterranean clover living mulch-an alternative method of weed-control. *Agriculture Ecosystems & Environment* **40(1-4)**,249-264.  
doi:10.1016/0167-8809(92)90096-T.
- 70. Jamont M, Piva G, Fustec J., 2013.** Sharing N Resources in the Early Growth of Rapeseed Intercropped with Faba Bean: Does N Transfer Matter? *Plant and Soil* **371** (1-2), 641-653.  
doi:10.1007/s11104-013-1712-2.
- 71. Kaliche F, Djemoui F., 2014.** Expression phytochimique des plantes (cas des Fabacées) face aux stress écologiques. *Mém. Lic. Univ. Ouargla*, 26p.
- 72. Kandel H.J, Schneiter A.A, Johnson B.L., 1997.** Intercropping legumes into sunflower at different growth stages. *Crop Sciences* **37(5)**, 1532-1537.
- 73. Kandel H.J, Johnson B.L, Schneiter A.A., 2000.** Hard red spring wheat response following the intercropping of legumes into sunflower. *Crop Sciences* **40(3)**, 731-736.
- 74. Karkour L., 2012.** La dynamique des adventices sous l'effet des pratiques culturales dans la zone des plaines intérieures. *Mém. Mag. Univ. Sétif*, 159p.
- 75. Kellou R., 2008.** Analyse du marché algérien du blé dur et les opportunités d'exportation pour les céréaliers

- français dans le cadre du pôle de compétitivité Qualité-Méditerranée. Le cas des coopératives Sud Céréales, Groupe coopératif Occitan et Audecoop. Mémoire master. Institut agronomique méditerranéen de Montpellier. 122 p.
- 76. Khan MA, Afridi RA, Hashim S, Khattak AM, Ahmad Z, Wahid F, Chauhan BS., 2016.** Integrated effect of allelochemicals and herbicides on weed suppression and soil microbial activity in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Protection* **90**,34-39. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.08.018>
- 77. Kim TS, Raveendar S, Suresh S, Lee GA, Lee JR, Cho JH, LeeSY, Ma KH, Cho GT, Chung JW., 2015.** Transcriptome Analysis of Two *Vicia sativa* Subspecies: Mining Molecular Markers to Enhance Genomic Resources for Vetch Improvement. *Genes* **6** (2015), 1164-1182.
- 78. Lamrani Z., 2010.** Nutrition minérale et azoté. *Physiologie végétales, nutrition minérale.* Ecole normal supérieure. 49P.
- 79. Lambert J.C., 1979.** La fertilisation phosphatée. *Revue Cultivar.* N °115, pp 96-97.
- 80. Larbi A, Abd El-Moneim AM, Nakkoul H, Jammal B, Hassan S., 2011.** Intra-species variations in yield and quality determinants in *Vicia* species: 3. Common vetch (*Vicia sativa* ssp. *Sativa* L.). *Animal Food Science and Technology* **164**, 241-251.
- 81. Latreche F., 2011.** Le rendement et l'efficacité d'utilisation de l'eau de la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous les effets du précédent cultural et de l'outil de labour du sol en environnement semi-aride. *Mém. Mag. Univ. Setif*, 119p.
- 82. Lorin M, Jeuffroy M.H, Valantin Morison M., 2016.** Gérer les compromis entre services écosystémiques rendus par des légumineuses utilisées en tant que plantes de service dans du colza d'hiver : approche fonctionnelle. *Rencontres Francophones Légumineuses INRA*, 16p.
- 83. Loue, A. 1982.** Le potassium et les céréales. Dossier K2O, *SCPA*, n. 22, p1-40.
- 84. Machane Y., 2008.** Efficacité des herbicides les plus utilisés dans la culture du blé dur, de la région de Sétif. *Thèse de magister. UFA Setif*, 78p.
- 85. MADRP, 2017.** Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche. *Production des céréales.*

- 86. Malik N, Vanden Born WH., 1988.** The biology of Canadian weeds.86. *Galium aparine* L. and *Galium spurium* L. Canadian Journal of Plant Science **68**, 481-499.
- 87. Marshall E.J.P, Brown V.K, Boatman N.D, Lutman P.J.W, Squire G.R, Ward L.K., 2003.** The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. Weed Research **43**, 77-89.
- 88. Marwat SK, Usman K, Khan N, Khan MU, Khan EA, Khan MA, Rehman AU., 2013.** Weeds of wheat crop and their control strategies in Dera Ismail Khan District, Khyber Pakhtun Khwa, Pakistan. American Journal Of Plant Sciences **4**,66-76.
- 89. Masclef A., 1891.** Atlas des plantes de France, planches. Ed. Belin, Paris. 480p.
- 90. Medds R., 2014.** Aspects nutritionnels de deux variétés de luzerne (*Medicago sativa* et *Medicago falcata*) cultivées dans les conditions d'une région semi-aride. Mémoire d'ingénieur. Univ. Biskra.
- 91. Melakhessou Z, Bakkar M., 2018.** Effet compétitif des principales adventices sur les caractères morphologiques et agronomiques de blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans la région de Biskra. Courrier du Savoir **26**, 59-66.
- 92. Mennan H, Zandstra BH., 2005.** Effect of wheat (*Triticum aestivum*) cultivars and seeding rate on yield loss from *Galium aparine*(cleavers). Crop Protection **24**, 1061–1067. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2005.02.012>
- 93. Meunault E, Rousseau H., 1902.** Les plantes nuisibles en agriculture et en horticulture. Octave Doin et Librairie Agricoles, Paris. 314p.
- 94. Minagri, 1989.** Centre de recherche d'Aspach, 1989.
- 95. Moule C., 1980.** Les céréales. Ed. La maison rustique. Paris. 318 p.
- 96. Munier, D., Kearney, T., Pettygrove, G-S., Brittan, K, Mathews, M., and Jackson, L. 2006.** Fertilization natural resources. France: UCANR Publications Amazone. p. 11.
- 97. Nedjah I., 2015.** Changements physiologiques chez des plantes (Blé dur *Triticum durum* Desf.) exposées à une pollution par un métal lourd (plomb). Thèse Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle. Univ. Annaba, p144.
- 98. Norris RF, Kogan M., 2005.** Ecology of interactions between weeds and arthropods. Annual Review of Entomology **50**, 479-503. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ento.49.061802.1232>

- 99. Olesen JE, Hansen PK, Berntsen J, Christensen S., 2004.** Simulation of above-ground suppression of competing species and competition tolerance in winter wheat varieties. *Field Crops Research* **89**,263–280. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2004.02.005>
- 100. Onofri A, Tei F, 1994.** Competitive ability and threshold levels of three broadleaf weed species in sunflower. *Weed Research* **34**, 471-479.
- 101. Ozenda P., 1982.** Les végétaux dans la biosphère. Ed. Doin, Paris, 431p.
- 102. Peguy Ch. P., 1970.** Précis de climatologie. Ed. Masson et Cie. 444p.
- 103. Pousset J., 2000.** Engrais verts et fertilité des sols. France Agricole. 287 p.
- 104. Quezel P., Santa S., 1962.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, ed. Paris.
- 105. Ramdani M, Lograda T, Chalard P, Figueredo G., 2013.** Chemical composition of essential oils of *Galium tunetanum* Poiret and *Galium mollugo* L. in Algeria. *International Journal of Medicinal and Aromatic Plants* **3(3)**,362-365.
- 106. Reuter DJ, Elliott DE, Reddy GD, Abbott RJ., 1997.** Phosphorus nutrition of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). 1. Effects of phosphorus supply on plant symptoms, yield, components of yield, and plant phosphorus uptake. *Aust. J. Agric. Res.*, n. 48, p. 855–868.
- 107. Rizvi S.J.H, Haque H, Singh V.K, Rizvi V., 1992.** A discipline called allelopathy. *Allelopathy Basic and Applied Aspects*. London, Rizvi, S.J.H and V. Rizvi. pp: 1-8.
- 108. Safdar ME, Tanveer A, Khaliq A, Riaz MA. 2015.** Yield losses in maize (*Zea mays*) infested with parthenium weed (*Parthenium hysterophorus* L.). *Crop Protection* **70**,77-82. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2015.01.010>
- 109. Salse J, Bolot S, Throude M, Jouffe V, Piegu B, Quraishi U, Calcagno T, Cooke R, Delseny M, Feuillet C., 2008.** Identification and characterization of shared duplications between rice and wheat provide new insight into grass genome evolution. *The Plant Cell Online*. **20(1)**, 11.
- 110. Scheepers L, 2006.** *Galium aparine*. Proving report.
- 111. Seavers G.P, Wright K.J., 1999.** Crop canopy development and structure influence weed suppression. *Weed Research* **39 (4)**, 319-328. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-3180.1999.00148.x>.
- 112. Siyahpoosh A, Fathi GA, Zand E, Siadat Sa, Bakhshande A, Gharineh**

- MH., 2012.** Competitiveness of different densities of two wheat cultivars with wild mustard weed species (*Sinapis arvensis*) in different densities. World Applied Sciences Journal **20(5)**,748-752. <http://dx.doi.org/10.5829/idosi.wasj.2012.20.05.2248>
- 113.Slageren M.W.van., 1994.** Wild wheats: a monograph of *Aegilops* L. and *Amblyopyrum* (Jaub & Spach) Eig (Poaceae). Wageningen Agriculture University Papers 1994(7). 513 p.
- 114.Soltner, 1988.** Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles. Ed 16 ème édition 464p.
- 115.Simon L, 2014.** Etude préalable au développement d'un partenariat inter-entreprises sur l'utilisation des plantes de service dans les systèmes agricoles sous contrainte hydrique.
- 116.Sturm S, Strasser E.M, Stuppner H., 2006.** Quantification of *Fumaria officinalis* isoquinoline alkaloids by nonaqueous capillary electrophoresis-electrospray ion trap mass spectrometry. Journal of Chromatography **1112(1-2)**, 331-8.
- 117.Tae-Sung K, Sebastin R, Sundan S, Gi-An L, Jung-Ro L, Joon-Hyeong C, Sok-Young L, Kyung-Ho M, Gyu-Taek C, Jong-Wook C., 2015.** Transcriptome analysis of two *Vicia sativa* subspecies: mining molecular markers to enhance genomic resources for vetch improvement. Genes **6**, 1164-1182.
- 118.Tahraoui S., 2016.** Effet des sels solubles sur la production de la biomasse et l'absorption des éléments minéraux chez l'orge (*Hordium vulgare*) et le blé dur (*Triticum durum*). Mém. Mag. Univ. Biskra, p150.
- 119.Thornton PK, Fawcett RH, Dent JB, Perkins TJ., 1990.** Spatial weed distribution and economic thresholds for weed control. Crop Protection **9**, 337-342.
- 120.Thorsted M.D, Weiner J, Olesen J.E., 2006.** Above- and below-ground competition between intercropped winter wheat *Triticum aestivum* and white clover *Trifolium repens*: Competition between winter wheat and white clover. Journal of Applied Ecology **43 (2)**, 237-245. doi:10.1111/j.1365-2664.2006.01131.x.
- 121.Thévenot J., 2013.** Synthèse et réflexions sur des définitions relatives aux invasions biologiques. Rapport du Service du Patrimoine Naturel, p32.
- 122.Tilman D, Cassman KG, Matson PA, NaylorR, Polasky S., 2002.** Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature **418**, 671-677.

- 123. Timsina J, Connor D-J., 2001.** Productivity and management of rice-wheat cropping systems: Issues and challenges. *Field Crop Reserch* **69**, 93-132.
- 124. Tlig T, Gorai M, Neffati M., 2012.** Étude expérimentale de la compétition entre l'adventice *Diploaxis harra* (Forssk.) Boiss. et l'orge (*Hordeum vulgare* var. Ardhaoui). *Ecologia Mediterranea* **38(1)**, 89-95.
- 125. Uchino H, Iwama K, Jitsuyama Y, Yudate T, Nakamura S., 2009.** Yield losses of soybean and maize by competition with interseeded cover crops and weeds in organic-based cropping systems. *Field Crops Research* **113(3)**, 342–251.
- 126. Urban, L., et Urban I., 2010.** La production sous serre, l'irrigation fertilisante en culture hors sol. tome 2, 2ème édition. France, Lavoisier. 233 p.
- 127. Valantin-Morison M, Guichard L, Jeuffroy MH., 2008.** Comment maîtriser la flore adventice des grandes cultures à travers les éléments de l'itinéraire technique ? *Innovation Agronomique* **3**, 27-41.
- 128. Vrbnicanin S, Kresovic M, Bozic D, Simic A, Maletic R, Uludağ A., 2010.** The effect of ryegrass (*Lolium italicum* L.) stand densities on its competitive interaction with cleavers (*Galium aparine* L.). *Turk J Agric For* **36**, 121-131.
- 129. Weston L, Duke S., 2003.** Weed and crop allelopathy. *Critical Reviews in Plant Sciences* **22**, 367-389. <http://dx.doi.org/10.1080/713610861>.
- 130. Wilson B. & Wright K., 1987.** Variability in the growth of cleavers (*Galium aparine*) and their effect on wheat yields. *Proceedings British Crop Protection Conference Weeds*, Brighton, UK **105**, 1–1058.
- 131. Zhang SZ, Li YH, Kong CH, Xu XH., 2015.** Interference of allelopathic wheat with different weeds. accepted article. <http://dx.doi.org/10.1002/ps.3>
- 132. Zimdahl RL., 2013.** Fundamentals of weed science. Academic Press. 648 p.



**Résumé :** Compte tenu du rôle important des adventices dans la biodiversité et la bio-fertilisation des sols agricoles, l'objectif principal de notre étude consiste à estimer leur impact sur la disponibilité en éléments minéraux dans le sol et sur les paramètres physiologiques et de rendement des céréales en milieu semi-aride. Ainsi, trois adventices *Galium aparine*, *Vicia sativa* et *Fumaria officinalis* les plus répandues dans la zone d'étude avec respectivement 30, 10 et 20 graines / m<sup>2</sup> ont été sélectionnées et associées au blé dur (*Triticum durum* L.) avec les mêmes densités pour constituer trois combinaisons et un témoin sur 24 micro-parcelles de 1 m<sup>2</sup>. Des analyses physico-chimiques ont été réalisées avant semis pour le sol et aux stades montaison et fin de saison pour le sol et le végétal (*Td*). Les résultats ont montré que la présence des adventices n'a eu que des effets bénéfiques tant sur les paramètres physiologiques et de rendement du blé que sur la fertilité du sol avec une augmentation significative de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K, Ca, Na et CaCO<sub>3</sub>. D'où, il va falloir penser à d'autres associations pour éventuellement réduire les apports d'intrants chimiques et opter vers l'agroécologie.

**Mots clés :** *Triticum durum* L., *Galium aparine*, *Vicia sativa*, *Fumaria officinalis*, compétition, biofertilité du sol.

**Abstract:** Given the important role of weeds in the biodiversity and biofertilisation of agricultural soils, the main objective of our study is to estimate their impact on the availability of mineral elements in the soil and on the physiological parameters and crop yield of cereals in a semi-arid environment. Thus, three most common weeds are *Galium aparine*, *Vicia sativa* and *Fumaria officinalis* in the study area with 30, 10 and 20 plants / m<sup>2</sup> respectively were selected and combined with durum wheat (*Triticum durum* L.), with the same densities to form three combinations on 24 plots of 1 m<sup>2</sup>. Physical-chemical analyses were carried out before sowing and during heading stage for the soil and after harvest for the soil and the plant (Tt). The results showed that the presence of both weeds was only beneficial effects on both physiological and wheat yield parameters and on soil fertility with a significant increase of N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K, Ca, Na and CaCO<sub>3</sub>. Hence, we will have to think of other associations to possibly reduce the input of phytochemicals and move to develop agroecology.

**Key words:** *Triticum durum* L., *Galium aparine*, *Vicia sativa*, *Fumaria officinalis*, Competition, Soil biofertility.

## الملخص

نظرا للدور الهام الذي تقوم به الأعشاب الضارة في التنوع البيولوجي والتسميد الحيوي للتربة الزراعية فإن الهدف الرئيسي من دراستنا هو تقدير تأثير ذلك على توفر العناصر المعدنية في التربة وعلى المعلومات الفسيولوجية ومحصول الحبوب في بيئة شبه قاحلة. لهذا، تم اختيار ثلاثة أعشاب الأكثر انتشارا في منطقة الدراسة *Galium aparine*, *Vicia sativa* و *Fumaria officinalis* متواجدة في حقل من القمح الصلب (*Triticum durum*) بنفس الكثافة لتشكّل 24 مجموعة مساحتها 1 م<sup>2</sup>. أجريت التحاليل الفيزيائية والكيميائية قبل عملية الزرع واثناء مرحلة الاستطالة وفي أواخر الموسم الفلاحي قبل الحصاد بالنسبة للتربة والنبات. وأظهرت النتائج أن وجود النباتات المعنية لها آثار مفيدة على المعلومات الفسيولوجية ومحصول القمح على حد سواء وبالنسبة لخصوبة التربة فقد اظهرت زيادة كبيرة في نسبة N، P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>، K، الكالسيوم، الصوديوم و كربونات الكالسيوم CaCO<sub>3</sub>. ومن ثم، سيكون علينا التفكير في ارتباطات أخرى لنباتات مختلفة ربما لخفض المداخلات الكيميائية و من اجل تحفيز الإيكولوجيا الزراعية.

**الكلمات المفتاحية :** القمح الصلب، الأعشاب الضارة، المنافسة، حيوية التربة.