

# وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJI MOKHTAR -ANNABA  
UNIVERSITY  
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR  
ANNABA



جامعة باجي مختار  
- عنابة -

Faculté des Sciences

Département de Biologie

## THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de  
DOCTEUR D'ETAT es-Sciences.

ETUDE DES EFFETS DE DEUX FONGICIDES : LE FLAMENCO SC ET LE  
TILT 250 EC SUR LA PHYSIOLOGIE, LA CROISSANCE ET LE  
METABOLISME ENERGETIQUE DES RACINES ISOLEES DE *Triticum durum*  
DESF : VARIETES GTA DUR ET VITRON.

Option : Biologie Végétale

Par

**MEKSEM-AMARA LEILA**  
DIRECTEUR DE THESE

**Mohammed –Réda DJEBAR**

Prof. Université de Annaba

Devant le jury composé de

**PRESIDENT :**

**A. TAHAR**

Prof.

Université de Annaba

**EXAMINATEUR :**

**M. DEKHILI**

Prof.

Université de Sétif

**EXAMINATEUR :**

**H. BERREBBAH**

M.C.

Université de Annaba

**EXAMINATEUR :**

**A. CHEHMA**

M.C.

Université de Ouargla

**Année : 2007**

## REMERCIEMENTS

Que les membres du jury qui ont bien voulu consacrer une partie de leur temps à juger ce travail trouvent ici l'expression de toute ma reconnaissance :

Monsieur le Professeur Ali Tahar pour avoir, d'une part, bien voulu me faire l'honneur de présider ce jury, et d'autre part, pour sa collaboration constante, particulièrement pour m'avoir familiarisée avec les statistiques. Je le remercie d'avoir accepté de présider ce jury malgré ses responsabilités.

Monsieur le Professeur Mohammed-Réda Djebbar qui a permis la réalisation de ce travail ; j'ai apprécié sa disponibilité, l'autonomie et la confiance qu'il m'a accordée, son implication constante tout au long de cette thèse ainsi que pour toute la rigueur scientifique qu'il m'a prodigué quand elle me faisait défaut.

Madame Houria Berrebbah, pour avoir accepté de faire partie de ce jury. Elle a toujours su m'encourager, m'a aidée à surmonter les difficultés et a toujours été présente dans la réalisation de ce travail.

Monsieur le Professeur M. Dekhili de l'université de Sétif, d'avoir accepté la lourde tâche d'être rapporteur de cette thèse et de me faire l'honneur de critiquer ce travail.

Monsieur A. Chehma de l'université de Ouargla pour avoir pris le temps de s'intéresser à ce travail et avoir accepté d'être rapporteur de ma thèse.

Monsieur le Professeur Nouredine Soltani et son épouse pour toute l'aide qu'ils ont pu m'apporter dans la réalisation de ce travail.

Je tiens surtout à remercier mon amie le Professeur Nadia Aribi qui a toujours su m'encourager et m'a donnée l'envie de me surpasser.

Un grand merci à Neila Maizi, Djamila Ayari, Rachid Rouabhi, Mohamed Amara, Moncef Tarfaya, Rachid Benzaim et Yacine Aronica, pour leurs conseils et orientations en matière de statistique, et informatique.

Je ne saurai oublier Mohamed Salah Slimani, pour sa collaboration directe dans ce travail.

Toutes les personnes que j'ai côtoyées au laboratoire de toxicologie cellulaire, de Biologie et physiologie végétale, et de Biologie Animale appliquée de l'université Badji Mokhtar de Annaba. en particulier Mme Chakouri Nadia et Mme Touiker Samira.

A mon époux Naouredine, quelques lignes ne suffiraient pas pour le remercier. Son soutien, sa disponibilité et ses encouragements m'ont donné le courage de réaliser cette thèse. Merci de croire si fort en moi et merci d'avoir supporté mon humeur.

A mes frères Ali et Redjem Amara ainsi qu'à leur épouse (Latifa et Zohra), pour avoir toujours répondu à mes caprices et pour m'avoir toujours soutenue dans la réalisation de cette thèse, mais surtout pour tout ce que m'avez apporté et m'apportée encore

Roubeila et Yousria, maman tient absolument à vous dire Merci, car vous avez rempli ma vie de bonheur lors de votre arrivée dans ma vie. Je vous adore, vous êtes ma force et ma motivation.

## DEDICACES

Je dédie cette thèse à la mémoire de :

Mon jeune frère Professeur Guellati Mohamed Abdessmad qu'on n'oubliera jamais.

Ma douce et merveilleuse amie, Souad Chébira Sakraoui. Tu seras toujours présente dans nos esprits.

A ma mère que j'aime beaucoup, sa gentillesse, sa bonté et sa disponibilité m'ont donné le courage de terminer cette thèse.

A ma famille spécialement à mes sœurs Bentkia, Zohra (Tatou), Annissa, Fella, Adra et Baya.

A mes belles sœurs Zelikha, Cherifa, Adra, A tout Meksem.

A Ahmed Becheker, que j'aime beaucoup.

A Souheila Benmerabet, pour m'avoir toujours impressionnée.

A Farah et Salima Amara que j'aime beaucoup.

A Mehdi Meksem, avec toute ma sympathie.

A Annissa Said .

A Mr et Mme Hamza Lyes.

A toutes mes nièces, Nawel, Nadira, Rym, Karima, Lynda, Dalenda, Lamia, Dounia, Djanette, Ferial, Nardjesse, Houria, Assia , Karima A, et Safa.

A Soumeya, Mounia , Ferial M.

A Réda et Hanene Meniah.

A Abderrahmenne, Brahim, Ryad , Sofiane, Yacine Mourad et Mohamed A.

A Nawfel, Chahinez, et Seif B.

A toutes mes amies : Annissa S., Nadia K , Najette B, Salima G et Dahbia H qui ont su être la au cours de ces années.

A toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de cette thèse : Merci

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau.	Titre	Page
<b>Tableau 1</b>	Composition moyenne pour 100g de blé. (CNUCED, 2007)	<b>3</b>
<b>Tableau 2</b>	Production mondiale de blé dur, de 89/90 à 200 Morancho, (FAO, 2007)	<b>4</b>
<b>Tableau 3</b>	Classement des 20 premiers pays à travers le monde par leur rendement sur l'année 2005. (CNUCED, FAO, 2007).	<b>6</b>
<b>Tableau 4</b>	En Afrique du Nord, Production, consommation et importation de blé dur en Millions de tonnes, (Bulletin bimensuel, 2000).	<b>7</b>
<b>Tableau 5</b>	Paramètres statistiques de base des longueurs moyennes racinaires (LMR) (mm), obtenues pour différents temps et pour différentes doses du fongicide <b>Flamenco SC</b> appliqué aux deux variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b>	<b>41</b>
<b>Tableau 6</b>	Analyse de la variance à un critère de classification appliquée dans la comparaison, entre les différentes doses, des longueurs moyennes racinaires (LMR) obtenues pour chaque temps sur la variété <b>GTA dur</b> et la variété <b>Vitron</b> soumises au fongicide <b>Flamenco SC</b> .	<b>42</b>
<b>Tableau 7</b>	Test t de <b>STUDENT</b> pour échantillons indépendants, appliqué pour comparer, entre les deux variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b> , les longueurs moyennes racinaires (LMR), obtenues pour chaque dose du fongicide Flamenco SC et pour chaque temps.	<b>43</b>
<b>Tableau 8</b>	Test de <b>FRIEDMAN</b> de la comparaison, entre les quatre temps, de l'identité des longueurs moyennes racinaires ( LMR) obtenues pour chacune des cinq doses du fongicide <b>Flamenco SC</b> appliqué sur chacune des deux variétés de blé, <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b>	<b>44</b>
<b>Tableau 9</b>	Paramètres statistiques de base des longueurs moyennes racinaires (LMR) obtenues pour différents temps et pour différentes doses du fongicide <b>Tilt 250 EC</b> appliqué sur la variété <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b> .	<b>46</b>
<b>Tableau 10</b>	Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification appliquée dans la comparaison, entre les différentes doses, des longueurs moyennes racinaires (LMR) (cm) obtenues pour chaque temps sur la variété <b>GTA dur</b> et la variété <b>Vitron</b> soumises au fongicide <b>Tilt 250 EC</b>	<b>47</b>
<b>Tableau 11</b>	Test t de <b>STUDENT</b> pour échantillons indépendants, appliqué pour comparer, entre les deux variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b> , les longueurs moyennes racinaires (LMR) (cm) obtenues pour chaque dose du fongicide <b>Tilt 250 EC</b> et pour différents temps.	<b>48</b>

<b>Tableau 12</b>	Test de <b>FRIEDMAN</b> de la comparaison, entre les quatre temps, de l'identité des longueurs moyennes racinaires ( <b>LMR</b> ) obtenues pour chacune des cinq doses du fongicide <b>Tilt 250 EC</b> appliqué sur chacune des deux variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b>	<b>49</b>
<b>Tableau 13</b>	Paramètre statistiques de base des longueurs moyennes de tigelles ( <b>LMT</b> ) obtenues pour différents temps et pour différentes doses du fongicide <b>Flamenco SC</b> appliqué sur chacune des 2 variétés de blé dur.	<b>51</b>
<b>Tableau 14</b>	Résultats de l'analyse de la variance à un critère appliquée dans la comparaison, entre les différentes doses, des longueurs moyennes des tigelles ( <b>LMT</b> ) obtenues pour chaque temps sur la variété <b>GTA dur</b> et la variété <b>Vitron</b> soumises au fongicide <b>Flamenco SC</b> .	<b>52</b>
<b>Tableau 15</b>	Test t de <b>STUDENT</b> pour échantillons indépendants, appliqué pour comparer, entre les deux variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b> , les longueurs moyennes des tigelles ( <b>LMT</b> ) obtenues pour chaque dose du fongicide <b>Flamenco SC</b> et pour les différents temps.	<b>53</b>
<b>Tableau 16</b>	Test de <b>FRIEDMAN</b> de la comparaison, entre les quatre temps, de l'identité des longueurs moyennes des tigelles ( <b>LMT</b> ) obtenues, pour chacune des cinq doses du fongicide <b>Flamenco SC</b> appliqué sur chacune des deux variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b>	<b>54</b>
<b>Tableau 17</b>	Paramètre statistiques de base des longueurs moyennes des tigelles( <b>LMT</b> ) obtenues pour différents temps et pour différentes doses( $\mu$ g) du fongicide <b>Tilt 250 EC</b> appliqué sur chacune des variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b> .	<b>56</b>
<b>Tableau 18</b>	Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification appliquée dans la comparaison, entre les différentes doses, des longueurs moyennes des tigelles ( <b>LMT</b> ) obtenues pour chaque temps sur la variété <b>GTA dur</b> et la variété <b>Vitron</b> soumises au fongicide <b>Tilt 250 EC</b> .	<b>57</b>
<b>Tableau 19</b>	Test t de <b>STUDENT</b> pour échantillons indépendants appliqué pour comparer, entre les deux variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b> , les longueurs moyennes des tigelles ( <b>LMT</b> ) obtenues pour chaque dose du fongicide <b>Tilt 250 EC</b> et pour différents temps.	<b>58</b>
<b>Tableau 20</b>	Test de <b>FRIEDMAN</b> de la comparaison, entre les quatre temps, de l'identité des longueurs moyennes des tigelles ( <b>LMT</b> ) (mm) obtenues pour chacune des cinq doses du fongicide <b>Tilt 250 EC</b> appliqué sur chacune des deux variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b> de <i>T. durum</i> .	<b>59</b>
<b>Tableau 21</b>	Paramètres statistiques de base du nombre moyen des racines ( <b>NMR</b> ) obtenus pour différents temps et pour différentes doses du fongicide <b>Flamenco SC</b> appliqué sur les variété <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b>	<b>61</b>
<b>Tableau 22</b>	Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification appliquée dans la comparaison, entre les différentes doses, du nombre moyen des racines( <b>NMR</b> ) obtenus pour chaque temps sur les variété <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b> soumises au fongicide <b>Flamenco SC</b>	<b>62</b>
<b>Tableau 23.</b>	Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification appliquée dans la comparaison, entre les différentes doses, du nombre moyen des racines( <b>NMR</b> ) obtenus pour chaque temps	<b>63</b>

	sur les variété <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b> soumises au fongicide <b>Flamenco SC</b> .	
<b>Tableau 24</b>	Résultats du test de <b>FRIEDMAN</b> de la comparaison, entre les quatre temps, de l'identité du nombre moyen des racines ( <b>NMR</b> ) obtenus pour chacune des cinq doses du fongicide <b>Flamenco SC</b> appliqué sur chacune des deux variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b>	<b>64</b>
<b>Tableau 25</b>	Paramètres statistiques de base du nombre moyen de racines ( <b>NMR</b> ) obtenus pour différents temps et pour différentes doses du fongicide <b>Tilt 250 EC</b> appliqué sur les variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b>	<b>66</b>
<b>Tableau 26</b>	Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification appliquée dans la comparaison, entre les différentes doses, du nombre moyen de racines ( <b>NMR</b> ) obtenus pour chaque temps sur les variété <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b> soumises au fongicide <b>Tilt 250 EC</b> .	<b>67</b>
<b>Tableau 27</b>	Résultats du test t de <b>STUDENT</b> pour échantillons indépendants, appliqué pour comparer, entre les deux variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b> , le nombre moyen des racines( <b>NMR</b> ) obtenus pour chaque dose du fongicide <b>Tilt 250 EC</b> et pour différents temps	<b>68</b>
<b>Tableau 28</b>	Résultats du test de <b>FRIEDMAN</b> de la comparaison, entre les quatre temps, de l'identité du nombre moyen des racines ( <b>NMR</b> ) obtenu pour chacune des cinq doses du fongicide <b>Tilt 250 EC</b> appliqué sur chacune des deux variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b> .	<b>69</b>
<b>Tableau 29</b>	Paramètres statistiques de base du nombre moyen des feuilles ( <b>NMF</b> ) par dose, par fongicide et par variété de <i>T. durum</i> .	<b>71</b>
<b>Tableau 30</b>	Résultats de l'analyse de la variance de la comparaison du nombre moyen des feuilles ( <b>NMF</b> ) obtenu, entre doses, pour chacun des deux fongicides appliqués à chacune des deux variétés de <i>T. durum</i> .	<b>72</b>
<b>Tableau 31</b>	Test t de <b>STUDENT</b> de la comparaison du nombre moyen des feuilles ( <b>NMF</b> ) obtenu, entre les deux variétés, pour les mêmes doses du même fongicide.	<b>73</b>
<b>Tableau 32</b>	Résultats du test de <b>FRIEDMAN</b> de la comparaison, entre les quatre temps, de l'identité des longueurs moyennes des tigelles ( <b>NMF</b> ) obtenues pour chacune des cinq doses du fongicide <b>Tilt 250 EC</b> appliqué sur chacune des deux variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b> de <i>T. durum</i> .	<b>74</b>
<b>Tableau 33</b>	Paramètres statistiques de base obtenue sur la <b>surface foliaire (SF)</b> par dose, par fongicide et par variété de <i>T. durum</i> .	<b>76</b>
<b>Tableau 34.</b>	Résultats de l'analyse de la variance de la comparaison de la <b>surface foliaire (SF)</b> obtenu, entre doses, pour chacun des fongicides appliqué à chacune des deux variétés de <i>T. durum</i> .	<b>77</b>
<b>Tableau 35</b>	Test t de <b>STUDENT</b> de la comparaison de la surface foliaire ( <b>SF</b> ) obtenu, entre les deux variétés, pour les mêmes doses du même fongicide.	<b>78</b>
<b>Tableau 36</b>	Paramètres statistiques de base du pourcentage de germination ( <b>PG</b> ) par dose ( $\mu\text{g}$ ), par fongicide et par variété de <i>T. durum</i> .	<b>80</b>
<b>Tableau 37</b>	Résultats de l'analyse de la variance de la comparaison du pourcentage de germination ( <b>PG</b> ) obtenu, entre doses, pour	<b>81</b>

	chacun des fongicides appliqués à chacune des deux variétés de <i>T. durum</i> .	
<b>Tableau 38</b>	Test t de <b>STUDENT</b> de la comparaison du pourcentage de germination ( <b>PG</b> ) obtenu, entre les deux variétés, pour les mêmes doses du même fongicide.	<b>82</b>
<b>Tableau 39</b>	Paramètres statistiques de base calculés sur le métabolisme respiratoire ( <b>MR</b> ), obtenu pour chaque dose du fongicide <b>Flamenco SC</b> à partir de chacune des deux variétés de <i>T. durum</i> et pour différents temps.	<b>85</b>
<b>Tableau 40</b>	Test t de <b>STUDENT</b> de la comparaison, entre variétés, du métabolisme respiratoire moyen, obtenu pour chacune des doses du fongicide <b>Flamenco SC</b> et pour chaque temps.	<b>86</b>
<b>Tableau 41</b>	Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification de la comparaison, entre doses du fongicide <b>Flamenco SC</b> , du métabolisme respiratoire moyen obtenu, pour chaque temps et pour chacune des deux variétés de <i>T. durum</i> .	<b>87</b>
<b>Tableau 42</b>	Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification de la comparaison, entre temps, du métabolisme respiratoire moyen obtenu, pour chacune des doses du fongicide <b>Flamenco SC</b> et pour chacune des deux variétés de <i>T. durum</i> .	<b>88</b>
<b>Tableau 43.</b>	Paramètres statistiques de dose calculés sur le métabolisme respiratoire moyen, obtenu pour chaque dose du fongicide <b>Tilt 250 EC</b> à partir de chacune des deux variétés de <i>T. durum</i> et pour différents temps.	<b>92</b>
<b>Tableau 44</b>	Test t de <b>STUDENT</b> de la comparaison, entre variétés, du métabolisme respiratoire moyen, obtenu pour chacune des doses du fongicide <b>Tilt 250 EC</b> et pour chaque temps.	<b>93</b>
<b>Tableau 45</b>	Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification de la comparaison, entre doses du fongicide <b>Tilt 250 EC</b> , du métabolisme respiratoire moyen obtenu, pour chaque temps et pour chacune des deux variétés de <i>T. durum</i> .	<b>94</b>
<b>Tableau 46</b>	Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification de la comparaison, entre temps, du métabolisme respiratoire moyen obtenu, pour chacune des doses du fongicide <b>Tilt 250 EC</b> et pour chacune des deux variétés de blé dur.	<b>94</b>
<b>Tableau 47</b>	Paramètres statiques calculés sur la chlorophylle <i>a</i> , la chlorophylle <i>b</i> et la chlorophylle ( <i>a+b</i> ) pour chacune des deux variétés de <i>T. durum</i> , et pour les différentes doses du fongicide <b>Flamenco SC</b> .	<b>98</b>
<b>Tableau 48</b>	Résultats de l'analyse de la variance de la comparaison, entre doses du fongicide <b>Flamenco SC</b> , pour chacune des deux variétés de <i>T. durum</i> , de la chlorophylle <i>a</i> , de la chlorophylle <i>b</i> et de la chlorophylle ( <i>a+b</i> ), obtenues au cours des trois essais réalisés.	<b>99</b>
<b>Tableau 49</b>	Test t de <b>STUDENT</b> de la comparaison, entre les deux variétés de blé dur, pour la même dose du fongicide <b>Flamenco SC</b> , de la chlorophylle <i>a</i> , de la chlorophylle <i>b</i> et de la chlorophylle ( <i>a+b</i> ), obtenues au cours des trois essais réalisés.	<b>100</b>
<b>Tableau 50</b>	Paramètres statistiques calculés sur la chlorophylle <i>a</i> , la chlorophylle <i>b</i> et la chlorophylle ( <i>a+b</i> ) pour chacune des deux	<b>103</b>

	variétés de <i>T. durum</i> et pour les différentes doses du fongicide <b>Tilt250 EC</b> .	
<b>Tableau 51</b>	Résultats de l'analyse de la variance de la comparaison, <b>entre doses</b> du fongicide <b>Tilt 250 EC</b> , pour chacune des deux variétés de blé dur, de la chlorophylle <i>a</i> , de la chlorophylle <i>b</i> et de la chlorophylle ( <i>a+b</i> ) obtenues au cours des trois essais réalisés.	<b>104</b>
<b>Tableau 52</b>	Test t de <b>STUDENT</b> de la comparaison, entre les deux variétés de blé dur, pour la même dose du fongicide <b>Tilt 250 EC</b> , de la chlorophylle <i>a</i> , de la chlorophylle <i>b</i> et de la chlorophylle ( <i>a+b</i> ), obtenues au cours des trois essais réalisés.	<b>105</b>
<b>Tableau 53</b>	Paramètres statistiques de base calculés sur les protéines (mg / g de PF) par dose, par fongicide et par variété de <i>T durum</i> .	<b>108</b>
<b>Tableau 54</b>	Paramètres statistiques de base calculés sur les protéines (mg / g de PF) par dose, par fongicide et par variété de <i>T durum</i> .	<b>109</b>
<b>Tableau 55</b>	Test t de <b>STUDENT</b> de la comparaison, des protéines obtenues, entre les deux variétés de blé dur, pour la même dose de chacun des deux fongicides.	<b>110</b>
<b>Tableau 56</b>	Paramètres statistiques de base calculés sur la <b>proline</b> , par dose, par fongicide et par variété de <i>T durum</i> .	<b>112</b>
<b>Tableau 57</b>	Test t de <b>STUDENT</b> de la comparaison, des <b>prolines</b> obtenues, entre les deux variétés de <i>T. durum</i> pour la même dose de chacun des deux fongicides	<b>113</b>
<b>Tableau 58</b>	Résultats de l'analyse de la variance de la comparaison des <b>prolines</b> obtenues entre doses, pour chacun des deux fongicides appliqués à chacune des deux variétés de <i>T. durum</i> .	<b>114</b>
<b>Tableau 59</b>	Paramètres statistiques de base des <b>sucres</b> (µg /mg de PF) par dose (µg), par fongicide et par variété de <i>T. durum</i> .	<b>116</b>
<b>Tableau 60</b>	test t de <b>STUDENT</b> la comparaison, des sucres obtenus, entre les deux variétés de <i>T.durum</i> pour la même dose de chacun des deux fongicides.	<b>117</b>
<b>Tableau 61</b>	Résultats de l'analyse de la variance de la comparaison des sucres obtenus, entre doses, pour chacun des deux fongicides appliqués à chacune des deux variétés de <i>T. durum</i> .	<b>118</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure	Titre	Page
Figure 1	Coupe d'un grain de blé. Gerble, Source 2007	2
Figure 2	Evolution des rendements de blé à l'hectare entre 1961 et 2005 en tonne. (CNUCED, FAO, 2007).	5
Figure 3	Dérivés diazolés et triazolés (Hamoir et <i>al.</i> 2001).	16
Figure 4	Structure chimique de différents composés azolés (Hamoir et <i>al.</i> 2001).	16
Figure 5	Action des azoles (Beauhaire et <i>al.</i> , 2002)	17
Figure 6	Etapas-Clés de la biosynthèse de l'ergostérol (Beauhaire et <i>al.</i> , 2002)..	17
Figure 7	Nature biochimique des azolés (VFEND, 1999).	19
Figure 8	Dispositif expérimental des deux variétés (V1), (V2) : échantillonnage en bloc aléatoire complet pour chacune des deux molécules (Fl SC et Tilt 250 E C).	24
Figure 9	Structure chimique de fluquinconazole. Anonyme1, (2003). $C_6 H_8 C_{112} FN_5 O$	26
Figure 10	Structure chimique du propiconazole	28
Figure 11	Schéma de l'Electrode à Oxygène (Djebar et Djebar, 2000).	31
Figure 12	Effets des quatre doses de Flamenco SC sur la longueur moyenne des racines (mm) de GTA dur et Vitron. ( $m \pm s$ ; $n = 3$ ).	44
Figure 13	Effets des quatre doses de Tilt 250 EC sur la longueur moyenne racinaire (mm) de GTA dur et Vitron. ( $m \pm s$ ; $n = 3$ ).	49
Figure 14	Effets des quatre doses de Flamenco SC sur la longueur moyenne (mm) des tigelles de GTA dur et Vitron. ( $m \pm s$ ; $n = 3$ ).	54
Figure 15	Effets des quatre doses de Tilt 250 EC sur la longueur moyenne des tigelles (mm) de GTA dur et Vitron. ( $m \pm s$ ; $n = 3$ ).	59
Figure 16	Effets des quatre doses de Flamenco SC sur le nombre moyen des radicelles de GTA dur (V1) et Vitron (V2). ( $m \pm s$ ; $n = 3$ ).	64
Figure 17	Effets des quatre doses de Tilt 250 EC sur le nombre moyen des radicelles de GTA dur (V1) et Vitron (V2). ( $m \pm s$ ; $n = 3$ ).	69
Figure 18	Effets des quatre doses de Flamenco SC sur le nombre moyen de feuilles de GTA dur et Vitron. ( $m \pm s$ ; $n = 3$ )	74
Figure 19	Effets des quatre doses de Tilt 250 EC sur le nombre moyen de feuilles de GTA dur et Vitron. ( $m \pm s$ ; $n = 3$ ).	74
Figure 20	Effets des quatre doses de Flamenco SC sur la surface foliaire de GTA dur (V1) et Vitron (V2). ( $m \pm s$ ; $n = 3$ ).	79
Figure 21	Effets des quatre doses de Tilt 250 EC sur la surface foliaire de GTA dur (V1) et Vitron (V2). ( $m \pm s$ ; $n = 3$ ).	79
Figure 22	Effets des quatre doses de Flamenco SC sur le pourcentage de germination de GTA dur (V1) et Vitron (V2). ( $m \pm s$ ; $n = 3$ ).	83
Figure 23	Effets des quatre doses de Tilt 250 EC sur le pourcentage de germination de GTA dur (V1) et Vitron (V2). ( $m \pm s$ ; $n = 3$ ).	83
Figure 24	Effets des quatre doses ( $\mu g$ ) de Flamenco SC sur la consommation en $O_2$ (nmoles /g de poids frais) chez <i>T. durum</i> var	89

	: GTA dur (V1) et Vitron (V2) à 48 heures.	
<b>Figure 25</b>	Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Flamenco SC sur la consommation en $\text{O}_2$ (nmoles /g de poids frais) chez <i>T. durum</i> var : GTA dur (V1) et Vitron (V2) à 72 heures.	89
<b>Figure 26</b>	Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Flamenco SC sur la consommation en $\text{O}_2$ (nmoles /g de poids frais) chez <i>T. durum</i> var : GTA dur (V1) et Vitron (V2) à 96 heures.	90
<b>Figure 27</b>	Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Flamenco SC sur la consommation en $\text{O}_2$ (nmoles /g de poids frais) chez <i>T. durum</i> var : GTA dur (V1) et Vitron (V2) à 120 heures.	90
<b>Figure 28</b>	Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Tilt 250 EC sur la consommation en $\text{O}_2$ (nmoles /g de poids frais) chez <i>T. durum</i> var : GTA dur (V1) et Vitron (V2) à 48 heures.	95
<b>Figure 29</b>	Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Tilt 250 EC sur la consommation en $\text{O}_2$ (nmoles /g de poids frais) chez <i>T. durum</i> var : GTA dur (V1) et Vitron (V2) à 72 heures.	95
<b>Figure 30</b>	Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Tilt 250 EC sur la consommation en $\text{O}_2$ (nmoles /g de poids frais) chez <i>T. durum</i> var : GTA dur (V1) et Vitron (V2) à 96 heures.	96
<b>Figure 31</b>	Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Tilt 250 EC sur la consommation en $\text{O}_2$ (nmoles /g de poids frais) chez <i>T. durum</i> var : GTA dur (V1) et Vitron (V2) à 120 heures.	96
<b>Figure 32</b>	Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Flamenco SC sur la teneur en chlorophylle <i>a</i> (mg/g de PF) des deux variétés de blé dur ( <i>T. durum</i> ) GTA dur (V1) et Vitron (V2) après huit jours de traitement. ( $m \pm s$ ; $n = 3$ )	101
<b>Figure 33</b>	Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Flamenco SC sur la teneur en chlorophylle <i>b</i> (mg/g de PF) des deux variétés de blé dur ( <i>T. durum</i> ) GTA dur (V1) et Vitron (V2) après huit jours de traitement. ( $m \pm s$ ; $n = 3$ )	101
<b>Figure 34</b>	Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Flamenco SC sur la teneur en chlorophylle ( <i>a+b</i> ) (mg/g de PF) des deux variétés de blé dur ( <i>T. durum</i> ) GTA dur (V1) et Vitron (V2) après huit jours de traitement. ( $m \pm s$ ; $n = 3$ )	101
<b>Figure 35</b>	Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Tilt 250 EC sur la teneur en chlorophylle <i>a</i> (mg/g de PF) des deux variétés de blé dur ( <i>T. durum</i> ) GTA dur (V1) et Vitron (V2) après huit jours de traitement. ( $m \pm s$ ; $n = 3$ )	106
<b>Figure 36</b>	Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Tilt 250 EC sur la teneur en chlorophylle <i>b</i> (mg/g de PF) des deux variétés de blé dur ( <i>T. durum</i> ) GTA dur (V1) et Vitron (V2) après huit jours de traitement. ( $m \pm s$ ; $n = 3$ )	106
<b>Figure 37</b>	Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Tilt 250 EC sur la teneur en chlorophylle ( <i>a+b</i> ) (mg/g de PF) des deux variétés de blé dur ( <i>T. durum</i> ) GTA dur (V1) et Vitron (V2) après huit jours de traitement. ( $m \pm s$ ; $n = 3$ )	106
<b>Figure 38</b>	Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Flamenco SC sur la teneur en protéine ( $\mu\text{g/g}$ de PF) des deux variétés de blé dur ( <i>T. durum</i> ) GTA dur (V1) et Vitron (V2) après huit jours de traitement	111
<b>Figure 39</b>	Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Tilt 250 EC sur la teneur en protéine ( $\mu\text{g/g}$ de PF) des deux variétés de blé dur ( <i>T. durum</i> ) GTA dur (V1)	111

	et Vitron (V2) après huit jours de traitement	
<b>Figure 40</b>	Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Flamenco SC sur la teneur en proline ( $\mu\text{g/g}$ de PF) des deux variétés de blé dur ( <i>T. durum</i> ) GTA dur (V1) et Vitron (V2)	114
<b>Figure 41</b>	Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Tilt 250 EC sur la teneur en proline ( $\mu\text{g/g}$ de PF) des deux variétés de blé dur ( <i>T. durum</i> ) GTA dur (V1) et Vitron (V2)	114
<b>Figure 42</b>	Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Flamenco SC sur la teneur en sucre ( $\mu\text{g/g}$ de PF) des deux variétés de blé dur ( <i>T. durum</i> ) GTA dur (V1) et Vitron (V2)	118
<b>Figure 43</b>	Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Tilt 250 EC sur la teneur en sucre ( $\mu\text{g/g}$ de PF) des deux variétés de blé dur ( <i>T. durum</i> ) GTA dur (V1) et Vitron (V2)	118
<b>Figure 44</b>	Effets du traitement par le <b>Tilt 250 EC</b> sur l'activité <b>CAT</b> chez les racines isolées des deux variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b> .	119
<b>Figure 45</b>	Effets du traitement des racines isolées des deux variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b> par le <b>Flamenco SC</b> sur l'activité <b>CAT</b> .	120
<b>Figure 46</b>	Effets du traitement des racines isolées des deux variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b> par le <b>Flamenco SC</b> sur l'activité <b>APX</b> .	122
<b>Figure 47</b>	Effets du traitement des racines isolées des deux variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b> par le <b>Flamenco SC</b> sur l'activité <b>APX</b> .	123
<b>Figure 48</b>	Effets du traitement des racines isolées des deux variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b> par le <b>Tilt 250 EC</b> sur l'activité <b>GPX</b> .	124
<b>Figure 49</b>	Effets du traitement des racines isolées des deux variétés <b>GTA dur</b> et <b>Vitron</b> par le Flamenco SC sur l'activité <b>GPX</b>	125
<b>Figure 50</b>	Schéma hypothétique des modulations métaboliques engendrées par les deux fongicides Flamenco SC et Tilt 250 EC chez les cellules de racines isolées de blé dur.	

## Liste des symboles et abréviations

<b>ADP</b>	: Adénosine Di-Phosphate
<b>ATP</b>	: Adénosine Mono-Phosphate
<b>C.A.T.</b>	: Catalase.
<b>FAO</b>	: Organisation des nations unis pour l'agriculture et l'alimentation
<b>GP<sub>x</sub></b>	: Glutathion peroxydase
<b>GR</b>	: Glutathion réductase
<b>LMR</b>	: Longueur moyenne racinaire
<b>LMT</b>	: Longueur moyenne des tigelles
<b>Mha</b>	: Million d'hectare
<b>MDA</b>	: Malonyl-Di-Aldehyde
<b>MR</b>	: Métabolisme Respiratoire
<b>NMR</b>	: Nombre moyen racinaire.
<b>NMF</b>	: Nombre moyen des feuilles.
<b>PX<sub>s</sub></b>	: Peroxydase
<b>PG</b>	: Pourcentage de la germination.
<b>PX<sub>s</sub></b>	: peroxydases.
<b>R.O.S</b>	: Reactive Oxygen Species.
<b>R-SH</b>	: Groupement thiols
<b>SA</b>	: Substance active
<b>S.D.N</b>	: Simulateurs des Défenses Naturelles.
<b>SOD</b>	: Super –Oxyde –Dismutase.
<b>4-HNE</b>	: 4-Hydroxy-Non –Enal.
<b>UE</b>	: Union Européenne
<b>V1</b>	: GTA dur
<b>V2</b>	: Vitron.
<b>OAIC</b>	: Office Algerien Inter professionnel des Céréales.

## ملخص

يعد Tilt 250 EC و le Flamenco SC من المبيدات المستعملة حديثا في الجزائر.

دراسة مفعولهما و تأثيرهما على عملية الايض التنفسي يعد هدف دراستنا.

بالاستنادا الى التغيرات المورفولوجية للتحليل البيوكيميائية و الانزيمية توصلنا الى ان المبيدات يؤديان الى تثبيط عملية النمو عند جدور بدور القمح.

التحليل الانزيمية بينت ان هناك نشاط الانزيمات الثلاث :

l'ascorbate- peroxydase (APX) , la Catalase (CAT), Gaiacole-peroxydase (GPX)

التي تعتبر انزيمات نوعية للنظام ضد اكسدة الخلووي. ادن هناك تحفيز للنشاط الانزيمي و البروتينات و خاصة البرولين التي تثبت وجود اضطراب مؤكسد ناتج عن المبيدات المستعملة.

قمنا ايضا بدراسة عملية الايض التنفسي عند جدور القمح المعزولة استنتجنا ان عملية الايض التنفسي لخلايا جدور القمح الصلب مضطربة. وجود المبيدات بتراكيز مرتفعة قادر على تحفيز اضطراب تاكسدي في عملية انتاج ROS و الناتجة عن اضطراب في عملية الاضطراب التنفسي.

## الكلمات المفتاحية.

سمية. ايض تنفسي. مبيدات. ازول. قمح. نظام ضد اكسدة. نظام اكسدة.

## SUMMARY

Flamenco SC and Tilt 250 EC. are two fungicides lately introduced in Algeria. The study of their toxicity and their effects on the Respiratory Metabolism constituted the objective of our work. On the basis of morphophysiological variation of the biochemical analyses and enzymological proportionings, two fungicides cause a strong inhibition (disturbance) seed, the growth and the development of the roots of durum wheat grains. The analysis of enzymatic proportionings shows that the activity of the three enzymes measured with knowing catalase (CAT), Ascorbate - Peroxidase (APX), and Guaiacol-Peroxidase (GPX). (specific Enzymes of the cellular system of detoxification) is strongly announced. It is concluded that this stimulation of the enzymatic activities associated the rate of proteins and especially of proline recorded translated the existence from an oxidative stress generated by the two xenobiotic ones used. The effect of fungicides on the respiratory metabolism of the insulated roots was also studied. It comes out from this work that the respiratory metabolism of the cells racinaires of the roots isolated from durum wheat is strongly disturbed. Flamenco SC and Tilt 250 EC. with strong amounts are capable of generer a productive oxidative stress of ROS at the origin of the disturbances observed on the level of the respiratory metabolism. Key words: Toxicity. Fungicide. Azoles. Corn. Oxidative stress.

Keywords : Toxicity. Fungicide. Azoles. wheat. oxidative. Stress.

# SOMMAIRE

## Avant –propos

## Chapitre I.

### INTRODUCTION

1 - Origine et histoire .....	1
2. Description .....	2
3. Caractéristiques techniques.....	2
4. Production .....	4
5. Importance du blé en Algérie.....	7
5.1. Situation actuelle .....	7
6. Principales maladies du blé .....	8
6.1. Le piétin échaudage .....	8
6.2. Le Piétin verse .....	9
6.3. Helminthosporiose .....	9
6.4. La Rouille brune .....	9
6.5. La Rouille noire .....	9
6.6. La Rouille jaune .....	9
6.7. Les Septorioses .....	9
6.8. Oïdium .....	10
6.9. Fusarioses .....	10
6.10. Carie .....	10
6.11. Le Charbon .....	10
7. lutte biologique .....	11
8. Lutte biotechnologique.....	11
9. lutte intégrée .....	11
10. lutte chimique .....	12
11. Les fongicides .....	12
11.1 Les divers groupes de fongicides .....	13
11.1.1 Les fongicides de contact .....	13
a) Les produits à base de métaux .....	13
b) Le soufre .....	14

c) les produits soufrés (Carbamates) .....	14
11.1.2. Les fongicides systémiques .....	14
a) Les dérivés de l'acide carbamique et des benzimidazoles (carbamates)....	14
b) Les systémiques inhibiteurs de la synthèse des stérols (IBS) .....	15
11.1.3    Cibles mouvantes .....	15
11.1.4    Mode d'action et site d'activité .....	16
- Les dérivés azolés et leur mécanisme d'action .....	16
- Le cytochrome P450 .....	18
12. Objectif du travail .....	20

## Chapitre II.

### Matériel et méthodes

A. Matériel expérimental .....	22
1. Présentation du matériel biologique .....	22
1.1 Classification du blé dur (Gaussen, 1982) .....	22
1.1.1. Variété GTA dur .....	22
1.1.2. Variété Vitron : .....	23
2. Préparation des grains de blé .....	26
3. Fongicides utilisés .....	26
3.1 Flamenco SC .....	26
3.1.1. Structure chimique du fluquinconazole .....	26
3.1.2. Mode d'action .....	27
3.1.3. Utilisation .....	27
3.1.4. Formulation .....	28
3.2. Le tilt 250 EC .....	28
3.2.1 Mode d'action .....	28
3.2.2. Structure chimique du propiconazole .....	28
3.2.3. Utilisation .....	29
4. Conduite de l'essai au laboratoire .....	29
5. Paramètres étudiés .....	30
5.1. Paramètres morphométriques .....	30
.....	
5.1.1. Nombre moyen de racines. (NMR) .....	30

5.1.2.	Longueur moyenne des racines (LMR) .....	30
5.1.3.	Longueur moyenne des tigelles (LMT) .....	30
5.1.4.	Nombre moyen de feuilles (NMF) .....	31
5.1.5.	Surface foliaire (SF) .....	31
5.2.	Paramètres physiologiques .....	31
5.2.1.	Pourcentage de la germination.....	
5.2.2.	Mesure du métabolisme respiratoire (MR) .....	31
5.3.	Paramètres biochimiques .....	33
5.3.1.	Dosage des chlorophylles <i>a</i> , <i>b</i> et ( <i>a+b</i> ) dans les feuilles .....	33
5.3.2.	Dosage des protéines totales .....	33
5.3.3.	Dosage de la proline .....	34
5.3.4.	Dosage des sucres solubles .....	34
5.3.5.	Dosage enzymatique .....	35
	- Extraction enzymatique. ....	35
	- Quantification des mesures spectrophotométriques .....	35
	- Dosage de l'activité Catalase (CAT) .....	36
	- Dosage de l'activité guaïacol-peroxydase (GPX) .....	36
	- Dosage de l'activité ascorbate - peroxydase (APX) .....	37
5.4.	Méthode statistiques d'analyse et de traitement des données .....	37
5.4.1.	Description des données .....	37
5.4.2.	Le test t de STUDENT pour échantillons indépendants .....	37
5.4.3.	Le test de l'analyse de la variance (ANOVA) .....	39
5.4.4.	Le test de FRIEDMAN .....	40

## **Chapitre III.**

### **Résultats.**

A.	Introduction .....	41
B.	La longueur moyenne des racines (L.M.R.) .....	41
	1- Traitement par le Fongicide Flamenco SC .....	41
	2- Traitement par le Fongicide Tilt 250 EC :.....	47
C.	La longueur moyenne des tigelles (L.M.T) .....	52

1- Traitement par le Fongicide Flamenco SC .....	52
2- Traitement par le Tilt 250 EC .....	57
D. le nombre moyen de racines (N.M.R) .....	62
1- Traitement par le Flamenco SC : .....	62
2- Traitement par le Tilt 250 EC .....	67
E. Le nombre moyen de feuilles (N.M.F) .....	72
F. La surface foliaire (S.F.) .....	77
G. Le pourcentage de germination (P.G.) .....	81
H. Le métabolisme respiratoire (M.R) .....	85
1- Le fongicide flamenco SC .....	85
2- Traitement par le fongicide Tilt 250 EC .....	93
I. les chlorophylles <i>a</i> , <i>b</i> et <i>a+b</i> .....	99
1- Traitement par le fongicide Flamenco SC .....	99
2- Traitement par le fongicide Tilt 250 EC .....	104
K. Les protéines .....	109
L. La proline .....	113
M. Les sucres .....	117
N. Activité enzymatique .....	121
1- Activité de la catalase (CAT) .....	121
1.1. Cas du traitement par le Tilt 250EC.....	121
1.2. Cas du traitement par le Flamenco SC .....	122
2- Activité Ascorbate – Peroxydase (APX) : .....	124
2.1 Cas du traitement par le Tilt 250EC.....	124
2.2. Cas du traitement par le Flamenco SC .....	125
3- Activité enzymatique Guaïacol-Peroxydase (GPX) .....	126
3.1. Cas du traitement par le Tilt 250 EC .....	126
3.2. Cas du traitement par le Flamenco SC .....	127

## CHAPITRE IV

### DISCUSSION

Discussion générale.....	129
--------------------------	-----

<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>140</b>
<b>PERSPECTIVES .....</b>	<b>146</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>149</b>

## **RESUMES**

Résumé en Anglais

Résumé en Arabe

## **ANNEXES**

## Avant-propos

Les maladies des cultures sont causées par une large gamme de macro et de micro-organismes végétaux et animaux comprenant les insectes, les arachnides, les acariens, les mauvaises herbes, les champignons, les bactéries, les virus, les nématodes et d'autres parasites. Un très grand nombre de ces maladies, est imputé aux champignons entraînant des pertes considérables. On remédie à ces infections cryptogamiques grâce aux produits fongicides, classiquement définis comme étant des substances chimiques ou biologiques. qui tuent ou neutralisent les champignons pathogènes ( WHO. , 2005) .les fongicides chimiques sont de loin les plus utilisés et sont le plus souvent de nature synthétique.

Il existe plusieurs groupes chimiques, dont par exemple les triazoles qui inhibent la synthèse des stérols indispensables à une bonne intégrité membranaire, alors que les Strobilurines appartenant à un autre groupe chimique utilisent l'activité respiratoire du champignon en bloquant l'activité ATPasique. (Anonyme, 2002).

Le mode d'action de chaque groupe de fongicide relève de la manière dont il affecte et contrôle le champignon pathogène, les azolés endommagent la membrane cellulaire, les carboxamides agissent sur l'activité enzymatique, les Strobilurines interfèrent dans les processus métaboliques vitaux ....

Cependant si les fongicides sont largement utilisés pour protéger les cultures céréalières contre différentes maladies cryptogamiques leurs effets toxiques et écotoxicologique ne cessent d'attirer l'attention et l'intérêt scientifique.

C'est dans ce contexte que se situe notre travail, dont une première partie concerne les effets de deux fongicides très utilisés en Algérie sur la germination et la croissance des racines de blé.

La partie la plus importante de notre recherche, est consacrée spécifiquement aux effets des deux fongicides sur le métabolisme respiratoire des racines isolées, nous avons analysés l'impact direct que les deux xénobiotiques sont susceptibles d'évaluer sur le stress d'oxydation respiratoire des racines isolées.

**CHAPITRE /**

**INTRODUCTION**

# CHAPITRE 1

## INTRODUCTION

Le blé est la première céréale consommée au monde, ses deux principales formes d'utilisation sont la fabrication de pain et de pâtes.

L'histoire du grain de blé est étroitement liée à l'histoire de l'humanité. Depuis la plus haute antiquité, le blé est la base de l'alimentation en raison de sa haute teneur nutritive.

Il y a trois millions d'années, l'homme étant pauvre, pratiquait la chasse et la cueillette des fruits pour assurer sa nourriture. Le nomadisme a progressé, faisant place à la sédentarité qui engendra la culture des céréales.

Toutefois, même si elles restent marginales, le blé possède d'autres applications.

### 1 - Origine et histoire

La découverte du blé remonte à 15000 ans avant Jésus-Christ dans la zone du croissant fertile au proche Orient. C'est à cette époque que des nomades commencent à ramasser une plante sauvage de la famille des graminées proche de notre blé actuel : l'engrain: (**Latin** : **Triticum monococcum L**), appelé également « petit épeautre » ou locular. Celui-ci sera domestiqué par l'homme entre 9500 et 8500 ans avant Jésus-Christ (Feillet, 2000).

Cette plante a quasiment disparu à ce jour, toutefois certains spécimens sont encore conservés par les scientifiques afin d'en préserver le patrimoine génétique. (Feldman, 1976 ; CIC, 2000 ; Nishitani et al., 2002 ; Shuang et al., 2002 ; Mosiniak et al., 2006 ; Shuang et al.)

L'amidonner (*Triticum dicoccum* : Latin) représente le deuxième stade d'évolution vers le blé actuel, (Nishitani et al., 2002 Shuang et al., 2002 ;). Il est issu du croisement de l'engrain et de diverses plantes lui étant apparentées. C'est en fait l'ancêtre direct du blé dur qui domine après de multiples mutations naturelles le blé tendre.

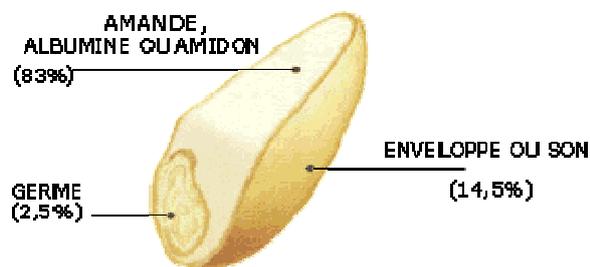
## 2. Description.

Le blé est une plante herbacée, monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des graminées.

Les deux espèces qui dominent aujourd'hui sont le blé tendre et le blé dur, plusieurs autres espèces existent toutefois elles sont cultivées en de faibles proportions.

## 3. Caractéristiques techniques

Le blé est une plante herbacée annuelle, à feuilles alternes formées d'un chaume creux portant un épi constitué de deux rangées d'épillets sessiles aplatis.



**Figure 1.** Coupe d'un grain de blé. (Gerble, Source 2007).

Le blé est la céréale la plus produite au monde. La facilité avec laquelle il peut être produit (il s'adapte à des sols et des climats variés) et l'existence de variétés adaptées à différents milieux et résistantes à de nombreuses maladies, permettent de le cultiver dans un large éventail de pays.

Selon qu'il s'agisse de blé d'hiver ou de printemps, la période de plantation dans l'année est différente. Les premières sont plantées de septembre à novembre voire décembre, dans l'hémisphère nord et sont récoltées à compter du mois de juin. Pour les secondes, les semis se font au cours du printemps et sont récoltés vers la fin de l'été ou le début de l'automne (Avril, Septembre, Octobre).

Il existe plus de vingt mille variétés de blé et chaque année des centaines de nouvelles sont créés, (CNUCED, 2007).

**Tableau 1.** : Composition moyenne pour 100g de blé, (CNUCED, 2007).

<b>Eléments</b>	<b>Teneur</b>
Protéines	10,5 g
Glucides	69 g
Lipides	1,5 g
Calcium	40 mg
Fer	4 mg
Mg	140 mg
Mn	3 mg
P	300 mg
Potassium	450 mg
Riboflavine	0,2 mg
Thiamine	0,4 mg
Zn	5,5 mg

Le mot blé a longtemps désigné toute la famille des Céréales (au nombre de 13) dont le seigle, le sorgho et le mil. Cependant le nom latin *Triticum*, plus précis fait référence à trois groupes distincts par leur nombre de chromosomes : le *Triticum* diploïde ( $2N = 14$ ), *Triticum* tétraploïde ( $2N = 28$ ) et *Triticum* hexaploïde ( $2N = 42$ ).

La production du blé a été marquée par plusieurs évolutions. Après avoir été cultivé en petites quantités pendant des milliers d'années, le blé a connu une culture extensive avec l'utilisation de la charrue à sac de fer. Cette invention a permis aux cultivateurs d'améliorer leurs récoltes par un labour profond des sols.

L'augmentation de la production et de la demande a poussé les producteurs à se regrouper créant ainsi de grands domaines et favorisant le dégagement d'excédents. L'apparition, vers le

milieu du XVIII<sup>ème</sup> siècle d'acteurs intervenant sur le marché du blé dans un but mercantile a fait basculer cette céréale dans l'agriculture commerciale.

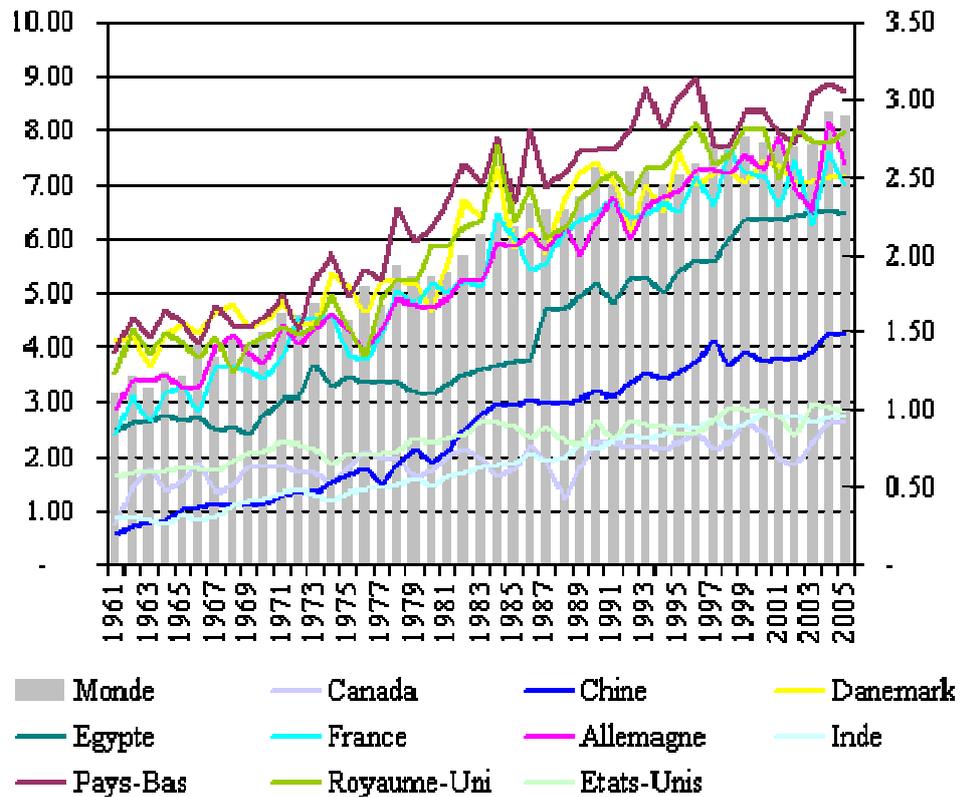
A la même époque, la révolution industrielle en Europe a été accompagnée de changements essentiels dans la filière agricole et notamment au niveau des engrais qui ont entraîné une croissance importante de la production de blé. L'accentuation de ce phénomène au cours du XX<sup>ème</sup> siècle, a conduit à une industrialisation de l'agriculture, favorisant de ce fait une augmentation des superficies exploitées tout en abaissant le taux de main d'œuvre.

#### **4. Production.**

Le blé constitue l'élément de base de l'alimentation humaine. Les rendements mondiaux ont évolué rapidement durant la deuxième moitié du XX<sup>ème</sup> siècle, principalement du fait des progrès techniques et des innovations apportés au niveau des méthodes de production (utilisation engrais).

**Tableau 2** : Production mondiale de blé dur, de 89/90 à 2007. (Morancho, FAO, 2007)

<b>Année</b>	<b>Millions de tonnes</b>
89/1990	290
94 / 1995	320
99 / 2000	270
2004 / 2005	560
2006 / 2007	625



**Figure 2** : Evolution des rendements de blé à l'hectare entre 1961 et 2005 en tonnes. (CNUCED, FAO, 2007).

Parmi les pays affichant une production significative (Supérieur à un million de tonnes), l'Ethiopie est l'état dont les rendements sur la période 1966 à 2005 sont les plus faibles aux environs de une tonne /ha. En comparaison, l'Allemagne avec une production de plus de 13,4 millions de tonnes sur la période 1961-2005 affiche un rendement à l'hectare de 5,4 tonnes /hectare.

Le rendement mondial moyen est de 2 tonnes /ha.

Du point de vue historique il y a une importante progression des rendements depuis 1960. Au niveau mondial elle était de 1,1 tonnes par hectare en 1961, ce qui représente une progression de l'ordre de 145 % en l'espace de quarante ans. Parmi les régions productives c'est l'Union Européenne des 15 qui présente les plus hauts rendements avec sept pays, se classant parmi les dix productifs.

**Tableau 3** : Classement des 20 premiers pays à travers le monde par leur rendement sur l'année 2005. (CNUCED, FAO, 2007).

Pays	Rendement / hectare	Pays	Rendement / hectare
Namibie	8,89	Luxembourg	5,83
Pays bas	8,72	République Tchèque	5,53
Belgique	8,27	Arabie Saoudite	5,29
Irlande	8,11	Autriche	5,03
Royaume Uni	7,99	Mexique	5,00
Allemagne	7,40	Slovénie	4,70
Denmark	7,16	Slovaquie	4,52
N Zélande	7,10	Norvège	4,52
France	6,98	Hongrie	4,49
Egypte	6,49	Chili	4,41
Zambie	6,43	Malte	4,27
Suède	6,33	Chine	4,22
Suisse	6,05		

La production mondiale de blé dur (Tableau 3) montre une certaine instabilité des mouvements de production, ceci s'explique par le fait que cette céréale est cultivée dans des zones à climats très variables sur le bassin Méditerranéen.

Cas de l'Afrique du Nord et de l'Algérie: Ce sont l'ensemble des pays sous développés du bassin méditerranéen considéré au sens large. Malgré leur grande diversité, les pays méditerranéens du tiers monde présentent entre eux de nombreuses similitudes, dont le climat, qui est partout en majeure partie semi aride ou aride selon les précipitations.

Dans ces pays la production de blé diffère énormément d'une année à une autre en raison de la variabilité des conditions climatiques annuelles. (Hoverou, 1973). Le blé dur est une denrée de base dans ces régions et en Afrique du Nord il est surtout consommé sous la forme de couscous, plat traditionnel à base de semoule et de pain.

## 5. Importance du blé en Algérie

### 5.1. Situation actuelle

L'Algérie recouvre environ 238 Millions d'hectares (Mha) dont seulement 3% représentent des terres arables. Environ 8% (0,6 Mha) des superficies arables totales sont sous irrigation. (Spak et Lennox, 2000). La superficie agricole utile de l'Algérie représente à peu près 3% de son territoire. (Anonyme, 2004).

Le blé dur accapare 43% de la surface de la production agricole du pays, suivie du blé tendre, qui en occupe 19%, néanmoins l'Algérie doit quand même importer d'énormes quantités de blé pour satisfaire à la demande nationale. (Anonyme 2006).

L'Algérie est un grand importateur de semoule, qui en raison du prix élevé de celle-ci, abandonna cette consommation traditionnelle, pour passer à celle de la farine panifiable. Il faut souligner qu'au début du siècle l'Algérie exportait vers la France de grandes quantités de semoule de blé dur, (Morancho, 20007).

**Tableau 4 :** Production, consommation et importation de blé dur en Millions de tonnes, en Afrique du Nord (Bulletin bimensuel, 2000).

	1995	1997	1999	2001	2003
<b>Algérie</b>	1,110	1,6	1,5	0,700	1,2
production	2,662	3,358	3,4	2,8	2,5
Importation	1,552	1,758	1,9	2,1	1,602
<b>Maroc</b>	1,255	2,270	1,500	0,500	1,502
Production	1,452	2,623	2,00	1,100	1,909
Importation	0,197	0,353	0,500	0,600	0,501
<b>Tunisie</b>	0,958	1,623	1,100	0,800	1,000
Production	1,163	1,746	1,350	1,250	1,100
Importation	0,205	0,123	0,250	0,400	0,398

Il faut signaler que les prévisions de la production en blé dur pour l'année 2007 font état d'une baisse de près de 28 % et ce par rapport à l'année 2006, où la production du blé dur était de 1,4 Millions de Tonnes.

Ainsi la production de blé dur a reculé en Algérie en raison des rendements extrêmement faibles causés par la sécheresse, les difficultés dues à une gestion aléatoire, le changement continu du statut des terres agricoles et la non maîtrise des techniques de production, (Hazmoune, 1998). Cette baisse de la production de blé est enregistrée, alors que la superficie accaparée par le blé dur est en nette évolution, (43%) suivi par le blé tendre (19%). (Agriculture and Agri-Food Canada, 2004).

## **6. Principales maladies du blé.**

De tout temps, les plantes cultivées par l'homme furent atteintes de maladies (viroses, bactérioses, mycoses) ou la proie de ravageurs. (Insectes, oiseaux, rongeurs).

Chaque plante a un potentiel de croissance (rendement) qui est déterminé dans le patrimoine. Ce potentiel n'est jamais exploité à 100% parce que la plante vit dans un milieu naturel où elle est alors sans cesse exposée à des facteurs divers qui l'empêchent d'exploiter tout son potentiel.

Le blé peut être attaqué par de nombreuses maladies à différents stades de son développement. Ces attaques peuvent occasionner des pertes importantes lorsque les variétés utilisées sont sensibles et les conditions de l'environnement sont favorables à l'expansion des maladies, (Ezzahiri, 2004).

Parmi les nombreuses maladies du blé nous citerons :

### **6.1. Le piétin échaudage. (*Gaeumannomyces graminis*)**

C'est une des maladies les plus dévastatrices du blé. Elle engendre une destruction massive du système racinaire à travers une phase d'échaudage. La plante se flétrit, se dessèche sous l'effet d'une grande chaleur. Il n'existe à l'heure actuelle aucun moyen chimique ou naturel pour combattre ce type d'attaque.

Un temps sec et un sol humide, sont des facteurs apparents qui risquent d'entraîner la contamination du champ.

### **6.2. Le Piétin verse. (*Gaeumannomyces graminis*)**

Cette maladie causée par l'agent *Cercospora herpotrichoides* entraîne un affaiblissement de la tige de blé qui ne supporte plus le poids de l'épi et des grains et qui vire sous l'effet de ces derniers et d'éléments environnementaux tels que le vent et la pluie.

### **6.3. L'Helminthosporiose.** (*Helminthosporin*).

C'est la conséquence potentielle de la septoriose, l'helminthosporiose se déclare sur les feuilles de blé généralement au cours du printemps. Plus la température ambiante est élevée, plus l'agression est rapide. Ses caractéristiques sont l'apparition de points de couleur sombre dans les lésions laissées par la septoriose

**6.4. La Rouille brune.** *Puccinia recondita*, se développe entre 10° et 30° C, la dissémination du champignon est très rapide.

**6.5. La Rouille noire.** *P. graminis*, c'est la plus dévastatrice, il lui faut beaucoup d'humidité et une température plus importante (15 à 35°C).

**6.6. La Rouille jaune.** *P. striiformis*. Se développe à des températures moins froides (2 à 15° C), c'est la raison pour laquelle on la rencontre dans les régions tempérées au climat froid et en altitude.

Les trois types de rouilles entraînent l'apparition de taches comprises entre un et deux microns de diamètre et dont la couleur varie selon l'espèce, du jaune orangé au noir. Les taches sont constituées de l'amalgame des spores du champignon (Pustules) Elles se transforment en stries qui vont atteindre la tige du blé. Une fois les premières plantes attaquées, la dissémination par le vent peut se faire sur une distance de près de 20 kilomètres, c'est une maladie foliaire.

### **6.7. Les Septorioses.** *Septoria tritici* et *Septoria nodorum*.

La première s'attaque aux feuilles de la plante, elle est plus répandue que la seconde (maladies des chaumes, des épis). Elle est capable de provoquer des pertes assez importantes, pouvant aller jusqu'au 5ème de la récolte. Elle se manifeste par une réduction de la taille des grains de blé et par l'apparition des lésions allongées sur les feuilles allant dans le sens des nervures. La maladie se propage du bas vers le haut de la plante puis

de pied en pied par le biais des éclaboussures et du frottement des feuilles entre elles. Les conditions optimales de propagation de la maladie sont, une température de 12° C et des pluies continues.

#### **6.8. Oïdium.** *Erysiphe graminis.*

L'infection se présente sous forme de touffes blanches à la surface de la feuille suivie de l'apparition de petits points noirs. Les conditions les plus favorables, sont une température comprise entre 15° C et 20 ° C et un taux d'humidité élevé.

#### **6.9 Fusarioses** *Fusariose.*

On compte dans ce genre près de 17 espèces. Un climat chaud (25 à 30° C) est nécessaire à leur développement. Le risque d'une attaque est plus important si l'hiver été doux et humide. Les spores du champignon sont disséminées par le vent. Cette maladie peut rendre les blés stériles. La colonisation du blé par ce champignon rend impossible son utilisation dans l'alimentation humaine.

#### **6.10. Carie.** *Tilletia tritici.*

Cette maladie est transmise par le biais des semences. Les grains sont remplis par une poussière noire constituée par des spores de champignon.

#### **6.11. Le Charbon** causée par *l'Ustilago tritici.*

Il se développe aussi bien sur blé dur que sur blé tendre.

Les conditions de développement sont une température comprise entre 10 et 20 °C et des sols secs (- 10% d'eau). (Soltner, 1999 ; Sutton et *al.*, 2007).

Toutes ces maladies induites peuvent être contrôlées efficacement si elles sont identifiées à temps. En effet les agents pathogènes de maladies cryptogamiques du blé provoquent des symptômes qui leur sont spécifiques. De ce fait il est important de reconnaître les symptômes afin d'identifier les différentes maladies.

Les moyens de lutte englobent les méthodes physiques, chimiques ou biologiques.

## **7. Lutte biologique**

La lutte biologique repose sur l'utilisation d'organismes vivants pour diminuer la population des pathogènes de manière à réduire les dégâts dans les cultures. Champignons, Nématodes, Bactéries, Insectes. Tous les organismes sont potentiellement des prédateurs pour les parasites et les ravageurs.

Le bio pesticide le plus utilisé est le *Bacillus thuringiensis*, une bactérie productrice de toxines mortelles.

La production de pesticides biologiques reste toutefois marginale. Elle représente moins de 1 % de la production totale de pesticides, (Brodeur, 2007).

## **8. Lutte biotechnologique.**

Les biotechnologies apportent de diverses manières leur contribution contre les parasites. Le domaine de recherche le plus positif est lié à la création de virus destinés à détruire des larves par pulvérisation sur les cellules. Inoffensifs pour les autres espèces, ces virus doivent s'auto détruire, lorsque leur travail toxique est achevé.

Le génie génétique est sans conteste le domaine le plus prometteur, mais aussi le plus controversé, avec la transgénèse. Cette technique permet d'introduire des gènes de résistance dans les plants cultivés, ce qui les rend en théorie insensible à toute invasion. (Brodeur, 2007).

## **9. Lutte intégrée.**

C'est un système combinant diverses actions, comme l'utilisation de variétés plus robustes et un apport de faibles doses de pesticides au moment favorable, ce qui permet d'égaliser, voire de dépasser les rendements obtenus au moyen d'une lutte purement chimique.

## **10. Lutte chimique.**

Trois types d'agents chimiques utilisés sont (Essoh, 2006) dans la lutte contre ces parasites, ce sont des substances chimiques naturelles ou de synthèse destinées à lutter contre les parasites végétaux ou animaux nuisibles aux cultures, aux récoltes et à l'homme.

Le terme pesticide dérive du mot anglais " **Pest** " qui désigne tout animal ou plante (virus, bactéries, champignons, herbes, vers, mollusques, insectes, rongeurs, oiseaux et mammifères) susceptibles d'être nuisible à l'homme et ou à son environnement. Ils sont principalement utilisés en agriculture.

Les pesticides sont classés selon la nature des nuisibles auxquels ils sont destinés : herbicide (contre les plantes parasites), insecticides (contre les insectes nuisibles), fongicides (ou anticryptogamiques, contre les champignons parasites), acaricides (contre les acariens), nématicides (contre les nématodes), et rodenticides (contre les rongeurs). Testud *et al.*, 2002 ; Aubertot *et al.*, 2005.

Le marché mondial des pesticides est passé de un milliard d'euros en 1960 à plus de vingt cinq milliards d'euros en 2004.

## **11. Les fongicides.**

Le premier utilisateur de fongicides dans le monde est l'Europe occidentale. Les fongicides sont connus comme étant des destructeurs de divers champignons pathogènes s'attaquant aux cultures de céréales à petits grains. La rouille des céréales est certainement le champignon parasite le plus nuisible et le plus visé par les fongicides. (Who, 2005).

De nouveaux composés de la famille des triazoles dont l'époxiconazole, le tébuconazole et le fluquinconazole ont été homologués comme fongicides et sont utilisés à travers le monde depuis la fin des années 1990.

Pour faire face aux capacités des champignons pathogènes à s'adapter aux pesticides et à développer une résistance, il est maintenant courant d'associer des fongicides ayant différents modes d'action. (Leroux, 2004 ; Viala, 1998).

### **11.1 -Les divers groupes de fongicides.**

#### **11.1.1 Les fongicides de contact.**

Appelés produits de contact, ce sont des fongicides qui restent à la surface de la plante. Ils agissent par contact avec le ravageur ou le champignon. Ils sont également appelés fongicides protestants. Ils agissent sur des mécanismes enzymatiques impliqués dans la production d'énergie du végétal. Ces mécanismes de base se rencontrent chez tous les êtres vivants, ce qui donne à ces produits un large spectre d'action. Ces fongicides peuvent être divisés en plusieurs familles.

### **a) Les produits à base de métaux**

Ces métaux sont le cuivre, le zinc, le fer, le manganèse, le mercure sous forme de sels (forme minérale) ou combiné à une molécule organique (forme organique). Le métal ( $me^+$ ,  $Me^{++}$ ) constitue la partie active de la molécule. Les métaux sont des agents thiol prives, c'est-à-dire qu'ils se fixent sur les groupements SH ou thiols (R-SH) constituant la partie active de nombreux enzymes ayant un rôle dans les phénomènes d'oxydoréduction assurant le transport d'énergie du végétal.

Ainsi, la toxicité de ces métaux n'est pas spécifique aux champignons mais touche tous les êtres vivants. Toutefois, la spore de champignon a le pouvoir de concentrer énormément les métaux, entraînant donc une concentration bien supérieure de thiol prives par rapport aux autres organismes d'où leur sensibilité particulière.

Les métaux ont l'inconvénient de posséder une phytotoxicité à l'égard de la culture. Il a donc été nécessaire de les préparer sous une forme qui réduit cette phytotoxicité (Forme organique). Les formes organiques ont de plus l'avantage d'avoir une meilleure rémanence, ce qui évite leur lessivage à la première pluie. Notons que les composées organo-mercuriels sont très efficaces mais redoutablement toxiques pour l'homme.

### **b) Le soufre**

Le soufre sous forme de poudre est utilisé tel quel ou en mélange avec des tensio-actifs sous forme de suspension dans l'eau. Le soufre pose des problèmes de phytotoxicité avec certaines cultures lorsque la température ambiante dépasse les 30°C.

### **c) Les produits soufrés (Carbamates)**

Apparues dans les années 40, les séries des Thio carbamates et dithiocarbamates agissent en libérant des isocyanates ou du thirame, molécules actives qui bloquent les groupements S-H des enzymes, perturbant ainsi le métabolisme à 3 niveaux : inhibition de l'oxydation du glucose, inhibition de la synthèse d'acide nucléique, inhibition de la dégradation des acides gras. Les dithiocarbamates sont dépourvus de toute phytotoxicité. Exemples : prothiocarbe, zinébe, manébe, mancozébe, propinébe, thirame.

#### **11.1.2. Les fongicides systémiques**

Les fongicides systémiques pénètrent dans la plante et sont véhiculés par la sève, ils agissent sur des phénomènes de biosynthèse et sont de ce fait davantage spécifiques. Leur dose d'utilisation est plus réduite que pour les produits de contact, généralement inférieure à 100g de matière active par hectare. Par contre, du fait de leur mode d'action, l'apparition de souches de champignons résistantes est à craindre. Ils sont le plus souvent commercialisés en mélange avec un produit de contact. « <http://wikipedia.org/wiki/fongicides>, 2007»

#### **a) Les dérivés de l'acide carbamique et des benzimidazoles (carbamates)**

Une fois absorbés, ces produits se transforment en carbendazime qui est antimitotique. Ces produits bloquent la division cellulaire et nucléaire (mitose) en perturbant la formation et le fonctionnement du fuseau chromatique. Cette molécule a de plus une

action au niveau de l'ADN : elle se substitue aux bases puriques (adénine et guanine) des acides nucléiques provoquant des erreurs dans la transcription du génome. Toutefois, cette dernière propriété n'expliquerait pas la toxicité de ces produits. Spécifiques, ils sont sans effet sur les champignons Phycomycètes du genre *Phythium*, *Phytophthora*, *Perenosporu*, Mildiou et les *Pleosporaceae*. Ils sont largement utilisés sur les cultures tropicales. Ils provoquent souvent l'apparition de souches résistantes chez les Oïdiums. Exemples : bénomyl, carbendazime, thiabendazole, propamocarbe, diéthofencarbe.

### **b) Les systémiques inhibiteurs de la synthèse des stérols (IBS)**

Ils provoquent l'inhibition d'enzymes impliqués dans la synthèse des stérols, entraînant une perturbation du fonctionnement et de la formation des membranes cellulaires des champignons.

Beaucoup d'entre eux ont une action systémique, mais certains sont translaminaires (ils sont absorbés par la feuille ou par les racines sur lesquelles ils ont été appliqués, sans atteindre les autres feuilles ou organes. Les parties qui n'ont pas reçu de traitement et celles nouvellement émergées ne sont pas protégées). Ils sont efficaces, entre autres, contre *Pyrenophora* spp, *Venturia* spp et *Septoria* spp.

Actuellement on recherche des molécules ayant le même effet toxique mais sur maillons différents de la synthèse des stérols pour, (par complémentarité), limiter les risques de résistance. Exemples : Imidazoles : Triazoles, cyproconazole, flusilazole, penconazole, propiconazole, triflumazole «<http://wikipedia.org/wiki/fongicides>»

#### **11.1.3. Cibles mouvantes.**

Les fongicides agissent à faible dose, parce que chacun cible dans la « pest » (le nuisible) une ou quelques activités ou fonctions biologiques précises et ne se « dilue » donc pas en empoisonnant tous azimuts.

Mis à part peut être quelques herbicides inhibiteurs de la photosynthèse ou visant les plastides, pratiquement tous les phytopharmaceutiques dont l'activité est connue, s'attaquent en effet à des voies biochimiques précises. On peut classer les voies biochimiques ciblées par les pesticides en 3 grandes familles.

- La première famille détruit les voies de biosynthèse de molécules biologiques essentielles, ou en empêchant la production : biosynthèse d'acides nucléiques (fongicides), d'acides aminés indispensables pour la synthèse de protéines et d'enzymes (herbicides), biosynthèse de lipides (herbicides), de stéroïdes (fongicides)

- Une autre famille de fongicides s'attaque aux mécanismes cellulaires, tels les processus respiratoires cellulaires, la division cellulaire, la croissance, le développement.

- Cependant la famille la plus importante est celle visant les communications neurocellulaires : 90% des insecticides sont des neurotoxiques. (Source : <http://biogenendi.france.com/pesticides>).

#### **11.1.4. Mode d'action et site d'activité.**

On distingue 3 modes d'action selon la cible visée :

- Les fongicides **multisites** : s'attaquent aux spores des champignons en inhibant plusieurs fonctions enzymatiques de leur germination, mais sont peu efficaces pour stopper la croissance mycélienne. Ils sont mieux résistants. (Carbamate triazine, dérivés du benzène).

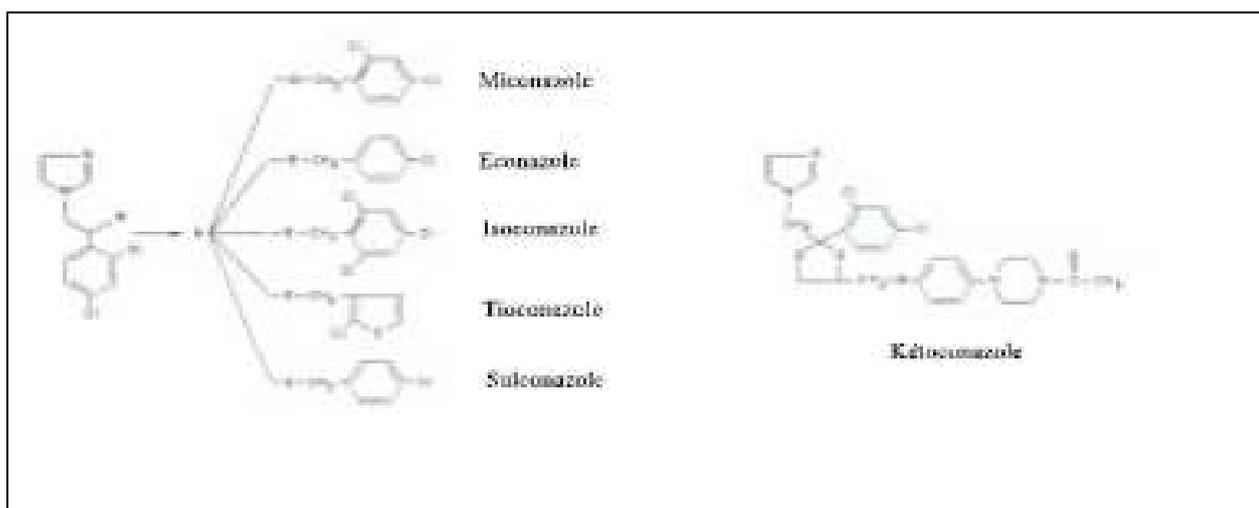
- Les fongicides **unisites** : s'attaquent à la membrane des champignons en perturbant la synthèse de l'ergostérol (constituant de la membrane). (Triazoles, Morpholines, pipéridine) (Graybill, 2000). Ils inhibent respectivement la déméthylase, la succinate-déshydrogénase et l'ubiquinol-oxydase.

#### **Les dérivés azolés et leur mécanisme d'action.**

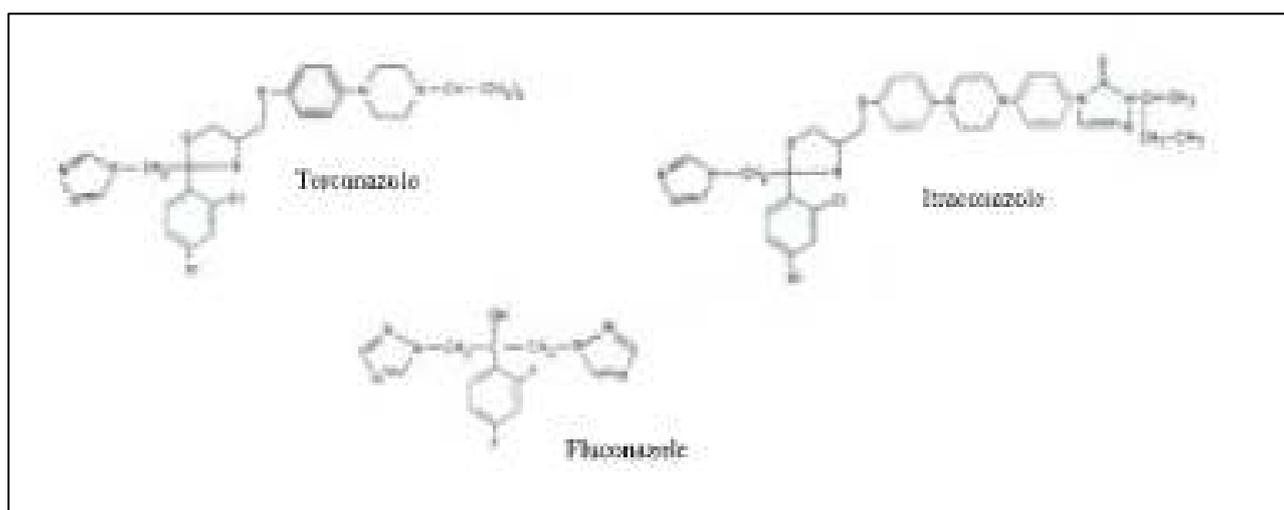
L'utilisation de cette classe pharmacologique à destination anti fongique a pris son essor à partir de 1968. Les dérivés azolés possèdent un noyau :

Soit diazolé comme le ketaconazole, l'épilconazole et le miconazole par exemple.

Soit triazolé comme l'itraconazole, le fluconazole et le terconazole.

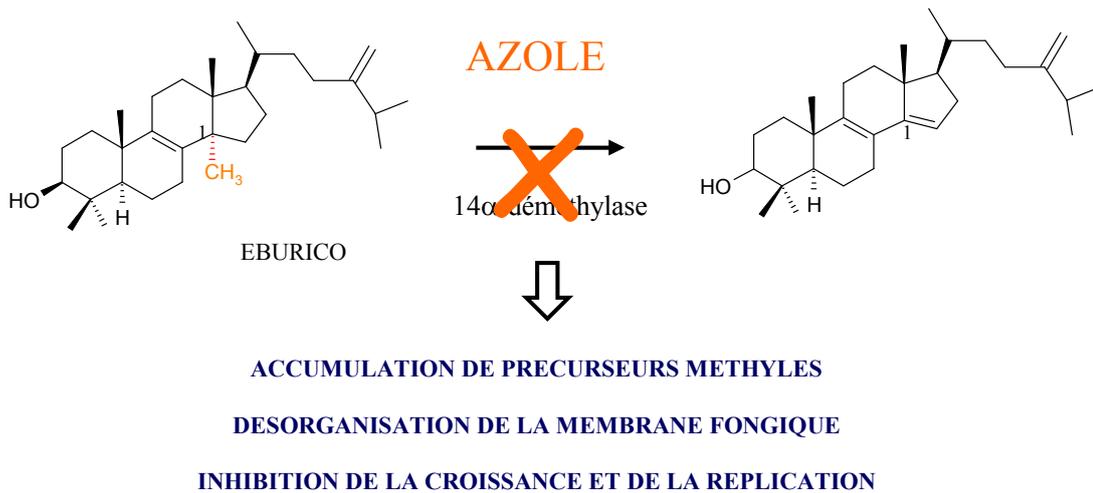


**Figure 3** : Dérivés diazolés et triazolés (Hamoir et *al.*,2001).

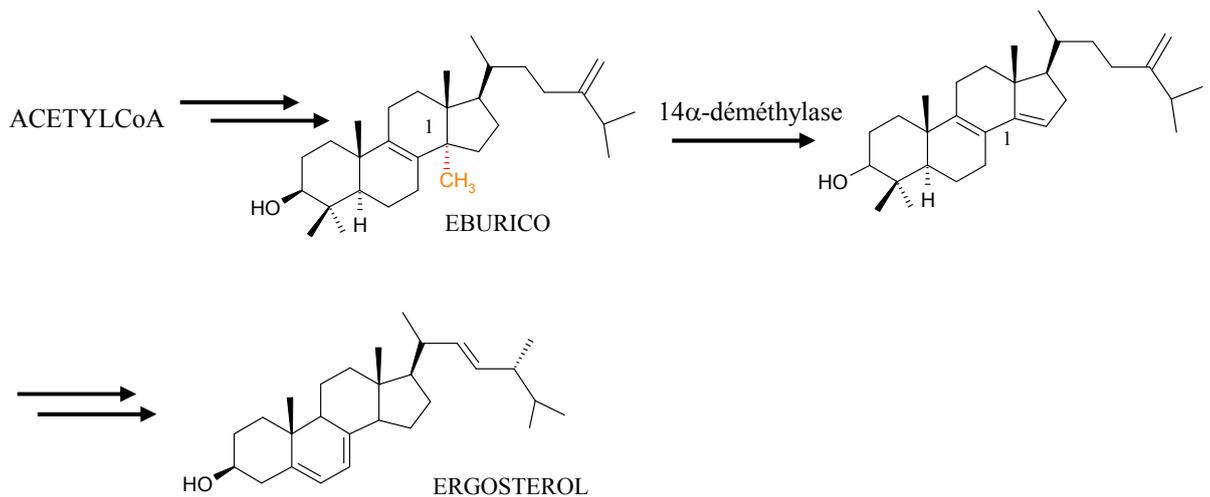


**Figure 4** : Structure chimique de différents composés azolés (Hamoir et *al.*,2001).

Ces différentes molécules azolées (figures. 3 ; 5) modulent la synthèse de l'ergostérol .un stéroïde présent dans la paroi fongique, en interagissant avec une enzyme fongique cytochrome P450 dépendante in fine, une altération de la perméabilité des membranes cellulaires (Figure. 4) induit la mort des cellules fongiques sensibles, (Hamoir et *al.*, 2001).



**Figure 5 :** Action des azoles, (Beauhaire et *al.*, 2002).



**Figure 6 :** Etapes-Clés de la biosynthèse de l'ergostérol, (Beauhaire et *al.*, 2002).

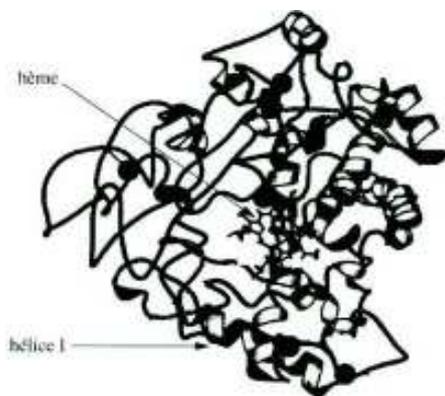
### **-Le cytochrome P450**

Pour rappel, les premières publications sur le cytochrome P-450 datent des années soixante de nombreuses études ultérieures ont permis de mettre en évidence le rôle certain de cette hémoprotéine dans différentes chaînes métaboliques importantes comme la biosynthèse des hormones stéroïdiennes au niveau des glandes surrénales, des ovaires, des testicules par exemple mais aussi dans le métabolisme de substances endogènes et de nombreux xénobiotiques.

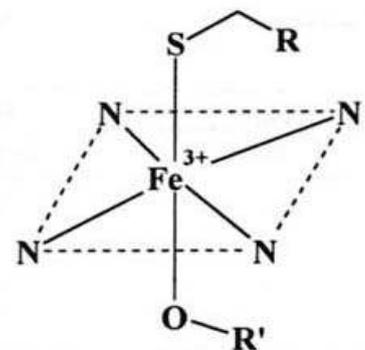
Cette structure protéique est commune à de nombreuses vies animales et végétales. C'est ainsi que les animaux, les microorganismes, certaines plantes et champignons en possèdent (Leroux, 2003) cité par (Hamoir, 2001).

Dans le cas particulier des champignons, la mise au point de dérivés anti-fongiques diazolés ou triazolés a permis de mettre au point certains produits phytosanitaires utilisés pour traiter l'oïdium, les rouilles, la tavelure, le piétin verse, la septoriose...(anonyme, 1996).

Ces composés azolés sont des inhibiteurs de la lanostérol 14 - déméthylase (Figure 7) qui forme un complexe avec le cytochrome P-450 des mitochondries. L'inhibition de cette enzyme induit une déplétion d'ergostérol, diminution de la conversion du 14-méthyl stérol en ergostérol (Figure 6) accompagné par l'accumulation de 14- méthylstérol dans les cellules entraînant un changement de la fluidité membranaire (Lyman et *al.*, 1992 ; Hamoir, 2001; Leroux ,2003).



Structure moléculaire de la 14 $\alpha$ -déméthylase



Site catalytique de la 14 déméthylase

**Figure 7** : Nature biochimique des azolés (Vfend, 1999).

Ceci induit in fine une diminution de la croissance de la cellule fongique et la mort de celle-ci. (Gallis et *al.*, 1990 Hamoir, 2001). Il va donc de soit que l'étude précise du cytochrome P 450 fongique est fondamentale pour la mise au point de dérivés azolés, plus surs, car plus spécifiques.

Parallèlement d'autres travaux de recherche (Egaas, 1995 ; Egass et *al.*, 1999 ; Sun et *al.*, 2004) montrent que le propiconazole stimule l'activité du cytochrome P450 et de l'enzyme Glutathion S Transférase et cet effet est considéré comme un paramètre bio indicateur du degré d'exposition des animaux aux fongicides. Il peut aussi affecter l'ADN et il en résulte des dommages irréversibles (Soetaert et *al.*, 2006).

Il est aussi important, de signaler que les résidus du propiconazole, jouent aussi un rôle très important dans la contamination des produits laitiers des animaux et même chez l'homme (Luquet et *al.*, 1973).

Les travaux de l'agence d'agriculture du Canada (2005) montrent que les traitements par les fongicides des populations d'algues provoquent une forte toxicité.

Ainsi le propiconazole apparaît comme un algicide très efficace. Kowaick et *al.*, (2006) montrent que la biotransformation et la bioaccumulation du propiconazole est très rapide. La vitesse des deux phénomènes décrits conduit les auteurs à chercher les éventuels effets des métabolites libérés par ce fongicide.

## **12. Objectif du travail.**

Lorsqu'on évoque la toxicité des azolés, on pense d'emblée à la sensibilité de la cellule, aux conditions oxydantes :

Altérations membranaires

Perturbations de la formation et du fonctionnement du fuseau chromatique (division cellulaire et nucléaire bloquées).

Inhibition de la synthèse des stéroïdes

Inhibition de plusieurs fonctions enzymatiques de la germination.

Cependant, il existe peu de travaux concernant les deux molécules (Flamenco SC et Tilt 250 EC), qui sont deux fongicides nouvellement introduits en Algérie.

La première partie de travail est consacrée à la revue de la littérature. Dans un premier temps nous avons défini les fongicides ainsi que les sources d'exposition. Par la suite, il est important également de résumer la toxicité du **Flamenco SC** et du **Tilt 250 EC**, le mécanisme d'action est passé en revue permettant de rappeler les données du problème et de justifier les objectifs et les méthodes utilisées.

La deuxième partie correspond à l'étude expérimentale, avec la présentation des différents essais réalisés, de leurs résultats et de l'interprétation qu'on peut leur donner.

Une discussion générale et des perspectives de recherche terminent cette thèse.

L'objectif des essais entrepris sur les semences de blé dur (*Triticum durum* Desf) soumises à différentes doses et à différents temps, est de réaliser une étude plus ou moins approfondie, sur toutes les caractéristiques morpho physiologiques et biochimiques, appuyée par une bibliographie.

L'étude envisagée dans la première partie consiste à comparer le comportement des deux variétés de blé dur, vis-à-vis des deux xénobiotiques et ce à travers les paramètres morphométriques tel que la longueur moyenne racinaire (LMR), la longueur moyenne des tigelles (LMT), le nombre moyen des feuilles (NMF), et la surface foliaire (SF) et ceci pour chaque dose, chaque fongicide et chaque temps.

La deuxième partie de l'expérimentation traite des effets des deux molécules azoles sur le métabolisme respiratoire (**MR**), la comparaison entre les variétés de blé dur est faite pour chaque temps, pour chacun des deux fongicides et pour la même dose. L'utilisation de la polarographie a permis de mesurer pour la première fois la quantité d'oxygène consommée par les deux variétés de blé dur, en présence ou non de toxiques.

Sur les paramètres biomécaniques, les teneurs en chlorophylle (*a*, *b*, et *a + b*), sucres, proline, et protéines, nous ont permis d'interpréter le stress imposé sur les deux variétés (GTA dur et Vitron), en présence ou non de toxique fongicide. La caractéristique "chlorophylle" concerne une comparaison entre les deux variétés de blé dur, et ceci pour les mêmes doses de chacune des deux molécules fongiques.

Les autres caractéristiques (sucres, proline et protéine) ont fait l'objet d'une comparaison de moyennes entre les deux variétés de blé dur, pour chaque fongicide et pour chacune des cinq doses étudiées.

Dans la partie biochimie, nous avons recherché également l'action du toxique, à différentes doses sur les potentialités métaboliques du blé dur, en se focalisant sur l'activité enzymatique antioxydante.

# **CHAPITRE II**

## **MATERIEL ET METHODES**

## CHAPITRE II.

### MATERIEL ET METHODES.

Dans ce chapitre, nous avons fait appel à une grande diversité de techniques dans le but de caractériser les effets des deux fongicides sur la germination et la croissance des grains de blé et plus particulièrement sur le métabolisme respiratoire des racines isolées.

#### A. Matériel expérimental.

##### 1. Présentation du matériel biologique.

Ce travail a été réalisé sur des grains et des plantules de Triticale (*Triticum durum* Desf). Elles nous ont été aimablement fournies par l'OAIC (Office Algérien Inter Professionnel des Céréales) d'El Hadjar.

##### 1.1. Classification du blé dur, (Gaussen, 1982).

Règne	Plantae
Sous règne	Tracheobionta
Classe	Magnoliophyta
Sous classe	Commelinidae
Ordre	Cyperales
Famille	Poaceae
Sous famille	Poideace
Espèce	<i>durum</i>
Genre	<i>Triticum</i>

**1.1.1. Variété GTA dur.** C'est la variété de blé dur la plus précoce. Elle est d'origine mexicaine (Cimmyt) et a été introduite en Algérie par l'ITGC (Institut Technique des Grandes Cultures). Elle est de paille courte (moins de 90 cm) et résistante à la verse. Elle présente de bonnes caractéristiques technologiques, et particulièrement dans la fabrication du pain des pâtes, (Hamadache, 2001).

**1.1.2. Variété Vitron :** le blé dur Hoggar est une obtention du Cimmyt (Mexique) et introduite en Algérie d'Espagne en 1986 et sélectionnée à la station expérimentale de Dahmouni (Tiaret).

C'est une variété précoce à paille courte (moins de 100 cm). L'épi de Hoggar est blanc avec des barbes brunes à noires, selon les conditions de culture. Elle est sensible à la rouille brune et à l'hémithosporiose. Elle est recommandée pour les zones fertiles où la pluviométrie est supérieure à 400 mm

Variété : GTA dur (V1).

Essai : 1

D1	D3	D4	D0	D2	B1
D3	D0	D1	D4	D2	B2
D4	D1	D0	D3	D2	B3
D0	D3	D4	D2	D1	B4

Essai : 2

D2	D1	D4	D0	D3	B1
D1	D4	D2	D3	D0	B2
D4	D2	D0	D1	D3	B3
D0	D2	D1	D4	D3	B4

Essai : 3

D2	D0	D3	D4	D1	B1
D3	D1	D2	D0	D4	B2
D1	D0	D3	D4	D2	B3
D3	D1	D2	D4	D0	B4

**Variété : Vitron. (V2)**

**Essai : 1**

D0	D1	D3	D4	D2	B1
D1	D2	D0	D3	D4	B2
D3	D0	D4	D2	D3	B3
D2	D4	D1	D3	D0	B4

**Essai : 2**

D2	D0	D4	D1	D3	B1
D4	D1	D0	D3	D2	B2
D1	D4	D3	D2	D0	B3
D0	D1	D4	D3	D2	B4

**Essai : 3**

D4	D1	D2	D0	D3	B1
D2	D0	D3	D4	D1	B2
D1	D3	D0	D2	D4	B3
D0	D1	D2	D4	D4	B4

**Figure 8.** Dispositif expérimental des deux variétés (V1:), (V2): GTA et Vitron échantillonnage en bloc aléatoire complet pour chacune des deux molécules (FL SC et Tilt 250 E C).

## **2. Préparation des grains de blé.**

Préalablement au traitement avec les solutions de Flamenco et de Tilt 250, les graines de blé dur sont mises dans une solution de Na Cl à 5 % pendant 1 min, puis lavés, cinq fois avec de l'eau distillée. (Ben Hamouda et *al.*, 2001).

Les graines sont miticuleusement choisies avant leur utilisation. (Pas de cassures ni de signes apparents de maladies).

## **3. Fongicides utilisés.**

Dans cette étude deux fongicides sont utilisés, pour lutter contre les champignons : **Flamenco SC** et **Tilt 250 EC**. Ce sont des produits destinés au traitement des céréales en végétation, contre les principales maladies foliaires telles que l'oïdium ou les rouilles.

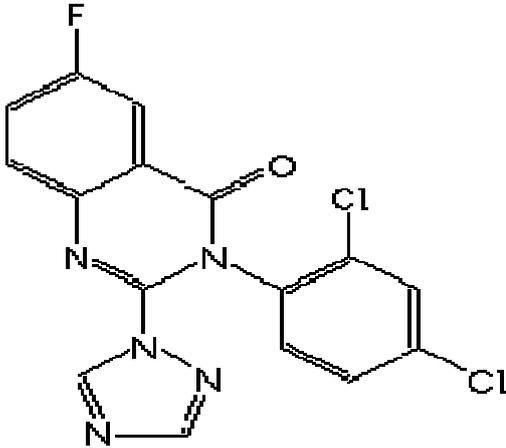
### **3.1. Flamenco SC.**

C'est un fongicide systémique, dont la substance active est le **fluquinconazole** le fluquinconazole appartient aux dérivés des **Azoles**, (Figure 2) qui possèdent un noyau qui peut être :

Diazolés comme le kétoconazole, l'énilconazole et le miconazole,

Triazolés comme l'itraconazole, le fluquinconazole et le terconazole

### 3.1.1. Structure chimique de fluquinconazole.



**Figure 9.** Structure chimique de fluquinconazole. Anonyme1, (2003).

$C_{18}H_{12}Cl_2FN_5O$

Le Flamenco SC appartient à la famille des **Conazoles** et aux **Triazolés**.

La formule chimique est :  $C_{18}H_{12}Cl_2FN_5O$

Le nom chimique est 3-(2,4-dichlorophényl)-6-fluoro-2-(1H-1, 2,4-1-Y (3H) quinazolinone.

### 3.1.2. Mode d'action

Le flamenco SC est doté de propriétés systémiques, il agit en bloquant la biosynthèse de l'ergostérol et par conséquent le fonctionnement et la formation des membranes cellulaires, Anonyme, (2003).

### 3.1.3. Utilisation

Le Flamenco SC, (FL SC.) est destiné au traitement des blés en végétation contre les principales maladies foliaires (oïdium, septoriose, rouilles et fusarioses sur épis).

Il contient :

-Le fluquinconazole qui agit par inhibition de la biosynthèse de l'ergostérol. Il a une action préventive, curative et systémique contre les principales maladies du blé.

-Un maximiseur (formulant de nouvelles générations) permet une meilleure pénétration du fluquinconazole et favorise son action contre les pathogènes. Anonyme, (2003).

#### **3.1.4. Formulation.**

Sa formulation est SC qui signifie Suspension Concentrée, sa teneur est de 100g/l, quant à sa dose d'emploi, elle est de 1l/ha pour les cultures de semences de graminées.

### **3.2. Le tilt 250 EC.**

Le Tilt 250 EC est un fongicide systémique, spécifique, des céréales et de cultures de semences de graminées. La substance active est le propiconazole. (Figure 3).

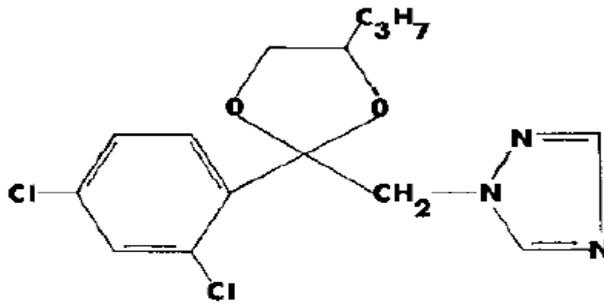
Le propiconazole (ingrédient actif) est absorbé par les feuilles et les tiges et est transporté vers le sommet de la plante et dans les zones de croissance.

#### **3.2.1 Mode d'action**

Le propiconazole inhibe la croissance des champignons en interférant avec la biosynthèse de l'ergostérol, un composant essentiel du processus métabolique des champignons. (Carter, 1987)

### 3.2.2. Structure chimique du propiconazole.

## PROPICONAZOLE



**Fongicide**

**Figure 10** Structure chimique du propiconazole.

Le Tilt 250 EC appartient à la famille des Conazoles qui sont des triazoles, sa formule :  $C_{15}H_{17}Cl_2N_3O_2$ , et son nom commercial est le Tilt (nom commun : propiconazole). Le nom chimique: [(dichloro-2,4phényl)-2propyl-4dioxolanne-1,3yl-2] méthyle]-1H-triazole-1, 2, 4(2RS ,4RS).

Sa formulation est : EC : Concentré Emulsionnable, sa Teneur est de 250g/l de propiconazole.

### 3.2.3. Utilisation.

Le tilt 250 EC est agréé comme fongicide foliaire, utilisable du stade premier nœud au stade barbes/épiaison. La dose préconisée est de 0,5l/ha (Syngenta Crop Sciences, 1998).

#### **4. Conduite de l'essai au laboratoire.**

Pour tester l'effet des deux fongicides sur la germination des deux variétés de blé dur, nous avons choisi les concentrations suivantes : 0 (témoin), 35, 70, 140 et 280 $\mu$ g de produit Tilt 250EC

Pour ce qui est du Flamenco, les concentrations sont les suivantes : 0 (témoin), 28,36 ; 56,72 ; 113,4 et 226,88 $\mu$ g de produit (Flamenco SC). En fait, suite à des tests préliminaires effectués au laboratoire, nous avons pu constater une absence presque totale de toute manifestation germinative au delà de 350 $\mu$ g pour le Tilt 250EC et 280 $\mu$ g pour ce qui est du Flamenco SC.

Pour chaque dose de fongicide, pour chaque variété et pour chaque produit, trois essais sont effectués, avec trois répétitions par essai. Les solutions de traitement sont ajoutées par le biais d'arrosages quotidiens à raison de 10ml par boîte de Pétri, pendant la phase de germination (8 jours).

#### **5. Paramètres étudiés.**

##### **5.1. Paramètres morphométriques.**

###### **5.1.1. Nombre moyen de racines. (NMR)**

Le nombre moyen de racines est déterminé, sur des germinations de 2 à 5 jours en présence ou non du FLSC ou de Tilt 250EC. Le nombre moyen des racines est suivi pendant cinq jours, par un marquage à l'encre de chine.

###### **5.1.2. Longueur moyenne des racines (LMR)**

Les paramètres d'élongation racinaire sont déterminé dans des boîtes de Pétri et réalisés sur des germinations de 2 à 5 jours en présence ou non de FL SC. ou de Tilt 250 EC.

La longueur moyenne des racines est suivie pendant 5 jours par un marquage à l'encre de chine.

### **5.1.3. Longueur moyenne des tigelles (LMT).**

Les paramètres d'élongation des tigelles, sont déterminés dans des boîtes de Pétri et sont réalisés sur des germinations en présence ou non de fongicide. La longueur moyenne des tigelles est suivie pendant 5 jours par marquage à l'encre de chine.

### **5.1.4. Nombre moyen de feuilles (NMF)**

Le nombre moyen de feuille, pour chaque concentration, est déterminé au bout de 120 heures par un simple comptage.

### **5.1.5. Surface foliaire (SF)**

La surface foliaire est déterminée par une méthode traditionnelle qui consiste d'une part, à reproduire la feuille de blé sur papier, qui est ensuite pesée, et d'autre part, à couper un carré de 1 cm de côté du même papier et de le peser après ; on en déduit la surface assimilatrice, (Paul et *al.*, 1979)

## **5.2. Paramètres physiologiques.**

### **5.2.1. Pourcentage de la germination.**

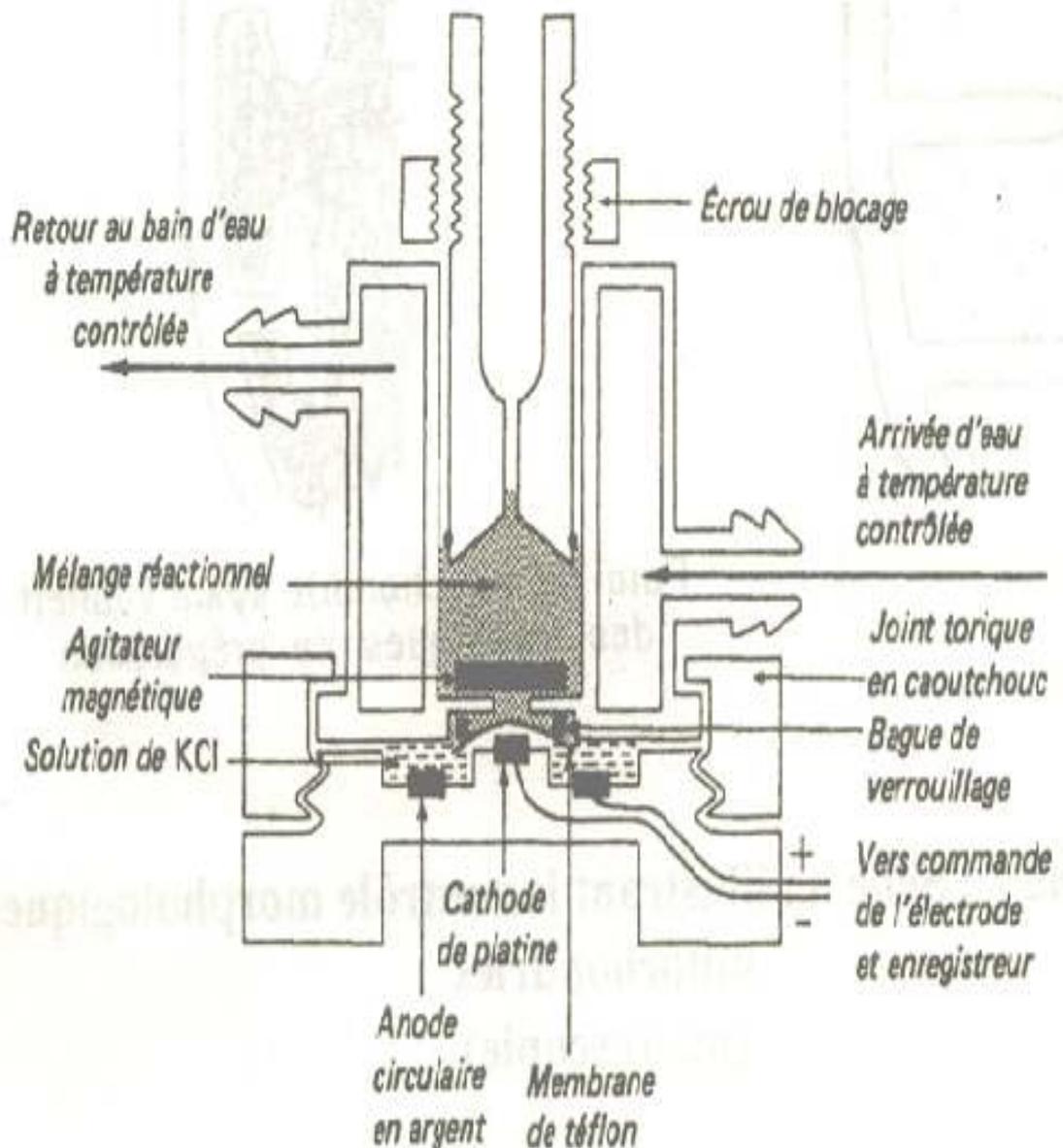
Le pourcentage de germination est déterminé après 48, 72, 96, et 120 heures de traitement .Le nombre de grains ayant germé et dont la longueur d'au moins une de leurs racines dépasse les 2mm est considérée comme ayant germé, (Ben Hamouda et *al.*, 2001).

### **5.2.1. Mesure du métabolisme respiratoire (MR)**

Le métabolisme respiratoire est évalué par la mesure de l'intensité respiratoire (IR) des racines isolées de blé dur. L'intensité respiratoire est suivie à l'aide d'une électrode à oxygène de Clark (Hansatech Ltd, Kinj's Lym, U.K) (Figure 10) couplée à un ordinateur. Le milieu réactionnel renferme de l'eau distillée additionnée de tampon (phosphate 10 mM) ajusté à pH 7,2 et 0,5 à 1g de racines isolées.

La cellule en verre, d'un volume réglable de 1 à 2 ml est thermostatée à  $25^{\circ}\text{C} \pm 0,02^{\circ}\text{C}$ . La concentration initiale en oxygène du milieu d'électrode en équilibre avec l'atmosphère est de 240  $\mu\text{moles}$  (Djebar et Djebar, 2000).

Les mesures sont effectuées sur des racines isolées après une durée de 08 jours de traitement par les deux fongicides.



**Figure 11** Schéma de l'Electrode à Oxygène (Djebbar et Djebbar, 2000).

### 5.3. Paramètres biochimiques.

#### 5.3.1. Dosage des chlorophylles *a*, *b* et (*a+b*) dans les feuilles.

L'extraction de la chlorophylle *a* est effectuée, selon la méthode de (Holden, 1975), basée sur une macération du végétal dans de l'acétone le traitement des échantillons se fait comme suit :

- 100mg (pour chaque essai prélevé sur les tiers médians des plus jeunes feuilles, sont broyés dans de l'acétone à 80% et environ 100mg de bicarbonate de calcium (CaCO<sub>3</sub>).

- Après broyage total, la solution est ensuite filtrée et mise dans des boîtes noires, afin d'éviter l'oxydation des chlorophylles par la lumière.

- La lecture se fait aux deux longueurs d'onde 645 nm et 663 nm, après étalonnage de l'appareil avec la solution témoin d'acétone à 80%.

- La formule relative au solvant, nous permet de calculer les valeurs des chlorophylles.

(Arnon, 1949).

Chl  $a = 12,70 \cdot DO(663) - 2,69 \cdot DO(645)$

Chl  $b = 22,90 \cdot DO(645) - 4,60 \cdot DO(663)$

Chl  $(a+b) = 8,02 \cdot DO(663) + 20,20 \cdot DO(645) \cdot V/M;$

Les concentrations en chlorophylle, totales (chlorophylle  $a$  et  $b$ ), sont exprimés en mg/g de PF (Poids Frais) où,  $V$ , désigne le volume de l'extrait total en litres et  $M$ , la masse de la matière fraîche broyée, en grammes.

### 5.3.2. Dosage des protéines totales.

Les protéines racinaires de *Triticum durum* sont dosées selon la méthode de Bradford, (1976) utilisant l'albumine de sérum de bœuf (BSA) comme standard (Merk). La gamme d'étalonnage (Annexe : Tableau 1) est réalisée à partir d'une solution mère de BSA (1mg/ml).

Le dosage des protéines racinaire est effectué avec une fraction aliquote de 100 $\mu$ l.

Les densités optiques sont mesurées grâce à un spectrophotomètre (Jenway-6300), la mesure est réalisée à une longueur d'onde de 595 nm (Annexe1 : Tableau 2).

Les protéines racinaires sont déterminées à partir de la courbe de référence (Annexe1 : Figure 1).

### 5.3.3. Dosage de la proline.

La technique de dosage de la proline utilisée est celle de Troll et Lindsley, (1955), modifiée par Dreier et Goring (1974). Elle est réalisée comme suit : Après refroidissement on prélève 1ml de la solution, auquel on ajoute 1ml d'acide acétique ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) et 1ml de mélange contenant (120ml d'eau distillée + 300ml d'acide acétique + 80ml d'acide orthophosphorique) et 25mg de ninhydrine.

Les solutions sont portées à ébullition pendant 30 min, elles virent au rouge ; après refroidissement, on ajoute 5ml de toluène, et on procède à une agitation, deux phases se séparent :

- Une phase inférieure sans proline.
- Une phase supérieure qui contient la proline. Cette phase est ensuite récupérée et déshydratée par l'adjonction de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .

On procède enfin à la détermination des densités optiques (Annexe2 : Tableau 2) des échantillons à la longueur d'onde 528 nm, après étalonnage de l'appareil par mélange (acide acétique + eau distillée + acide orthophosphorique + ninhydrine). (Annexe2 : Tableau 1).

(Courbe de référence, voir Annexe2 : Figure 1).

#### **5.3.4. Dosage des sucres solubles.**

Le dosage des sucres est réalisé selon la méthode de (Schields et Burnet, 1960) qui utilise l'antrone en milieu sulfurique comme réactif (150mg d'antrone, 75ml d'acide sulfurique et 25ml d'eau distillée) et une solution mère de glucose à 50 $\mu\text{g}/\text{ml}$ .

Cette méthode comprend l'extraction où 100mg d'échantillon (MF) sont pesés. On ajoute ensuite 3ml d'éthanol à 80%, on laisse le tout à une température ambiante pendant 48h environ. On chauffe au bain marie à 70°C, pendant 30 min, et on prélève 2ml d'extrait pour le dosage.

Le dosage des sucres totaux racinaires est effectué dans une fraction aliquote (100  $\mu\text{l}$ ). Les absorbances sont mesurées grâce à un spectrophotomètre (Jenway- 6300) et la lecture est réalisée à une longueur d'onde de 585nm. (Annexe3 : Tableau 2).

(Gamme d'étalonnage et Courbe de référence, voir Annexe3 : Tableau 1, Figure 1).

#### **5.3.5. Dosage enzymatique.**

Dans le but d'étudier le comportement des deux variétés de blé soumises aux deux fongicides, trois marqueurs enzymatiques ont été utilisés.

### **- Extraction enzymatique.**

La méthode adaptée afin d'obtenir l'extrait enzymatique des racines de blé dur traitées avec le Flamenco et le Tilt250, est celle de Loggni et *al.*, (1999).

L'extrait sera utilisé sur la mesure de l'activité catalase (CAT), Guaiacol – peroxydase (GPX) et ascorbate – peroxydase (APX).

Après neuf jours de traitement, les racines fraîches (1g) sont broyées à froid à l'aide d'un mortier dans un tampon phosphate (50 ml Na K, pH = 7,2) à raison de 1ml du tampon pour 1 g de racines. L'homogénat est ensuite filtrée à l'aide toile adéquate avant de procéder à une centrifugation à froid à 12000x g pendant 20 min (centrifugeuse Sigma 3-16 K).

Le surnageant obtenu sera utilisé comme extrait pour la détermination des différents extraits enzymatiques.

### **- Quantification des mesures spectrophotométriques.**

La formule suivante est utilisée afin de quantifier les différentes mesures spectrophotométriques, suite aux dosages enzymatiques de la CAT, GPX, et APX (Servais, 2004).

$$\text{Act.} = \frac{\Delta A \cdot V_1}{\Sigma \Delta t L \cdot V_{e-p}}$$

Act : Activité enzymatique en mol /min / $\mu$ g de protéine.

$\Delta A$  : différence moyenne de l'absorbance

$\Sigma$  : Coefficient d'extinction linéique molaire en  $M^{-1} \text{ cm}^{-1} \cdot L$ .

$V_t$  = Volume total du mélange réactionnel en ml.

$V_e$  = Volume de l'extrait enzymatique en ml.

T = teneur en protéines.

t = temps de culture en min.

### **- Dosage de l'activité Catalase (CAT).**

Le dosage spectrophotométrique de l'activité Catalase (CAT) est réalisé suivant la méthode de Boscoloa et *al.*, 2003. La décroissance de la DO est enregistrée pendant 3 mn (spectrophotomètre GeneSys 8) pour une longueur d'onde de 240 nm et un coefficient d'extinction linéique molaire  $\epsilon = 39400 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1} \text{ L}$ . Pour un volume final de 3 ml, le mélange réactionnel contient 100 $\mu\text{l}$  de l'extrait enzymatique brute, 50  $\mu\text{l}$  de peroxyde d'hydrogène  $\text{H}_2\text{O}_2$  à 0,3 % et 2,8 ml de tampon NaK (50 mM Na K, pH= 7,2).

L'étalonnage de l'appareil se fait en l'absence de l'extrait enzymatique. La réaction est déclenchée par l'addition d'eau oxygénée.

L'activité Catalase est exprimée en nmol/min/mg de prot.

### **- Dosage de l'activité guaïacol-peroxydase (GPX).**

L'activité guaïacol – peroxydase (GPX) est déterminée spectrophotométriquement (spectrophotomètre Jenway- 6300) à 470 nm suivant la méthode de Hiner et *al.*, (2002). Le coefficient d'extinction linéique molaire est  $\epsilon = 2470 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1} \text{ L}$  pour un volume final de 3 ml, le mélange réactionnel contient : 100 $\mu\text{l}$  d'extrait enzymatique, 50  $\mu\text{l}$  d' $\text{H}_2\text{O}_2$  à 0,3 % et 2,850 ml de tampon Na K – guaiacol (50 mM Na K, 8 mM de guaiacol pH 7,2).

L'étalonnage de l'appareil se fait en l'absence de l'extrait enzymatique. La réaction est déclenchée par l'ajout du peroxyde d'hydrogène. L'activité GPX est exprimée en nmol/min /mg de prot.

### **- Dosage de l'activité Ascorbate -Peroxydase (APX).**

Le dosage spectrophotométrique de l'activité ascorbate peroxydase est réalisé suivant la méthode (Manivannan, 2007). Le volume réactionnel final de 3 ml contient : 100 $\mu\text{l}$  d'extrait enzymatique, 50  $\mu\text{l}$   $\text{H}_2\text{O}_2$  à 0,3 % et 2850  $\mu\text{l}$  de tampon NaK. Ascorbate (50 mM NaK, 0,5 mM Ascorbate, pH = 7,2)

L'étalonnage de l'appareil se fait en l'absence de l'extrait enzymatique. La lecture est effectuée à une longueur d'onde de 290 nm ( spectrophotomètre GeneSys 8) pendant 1 min et ce pour un coefficient d'extinction linéaire molaire  $\Sigma = 2,8 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1} \text{ L}$  . L'activité APX est exprimée en nmol /min / mg Prot.

#### **5.4. Méthode statistiques d'analyse et de traitement des données :**

##### **5. 4.1. Description des données.**

Pour mieux décrire les différentes variables morphométriques, physiologiques et biochimiques qui caractérisent chacune des deux variétés de blé dur étudiées, nous avons calculé certains paramètres statistiques de base tels que la moyenne arithmétique ( $\bar{x}$ ), qui est un paramètre de position et de tendance centrale, l'écart – type ( $s$ ) qui mesure la dispersion des données autour de la moyenne, les valeurs minimales ( $X_{\min}$ ) et maximales ( $X_{\max}$ ) qui donnent toutes les deux une idée sur l'étendue des données, et enfin, l'effectif ( $n$ ) qui nous renseigne sur l'importance des données traitées. Tous ces paramètres ont été calculés à l'aide du logiciel d'analyse et de traitement statistique des données MINITAB (X, 2000).

##### **5. 4.2. Le test t de STUDENT pour échantillons indépendants.**

Le test t de STUDENT consiste à comparer les moyennes des deux populations à l'aide des données de deux échantillons indépendants (Dagnelie, 1999).

Ce test a été utilisé pour comparer les moyennes entre les deux variétés de blé dur pour les caractéristiques morphométriques suivantes :

- Les longueurs moyennes racinaires (**LMR**).
- Les longueurs moyennes des tigelles (**LMT**)
- Le nombre moyen de racines (**NMR**).

La comparaison a été effectuée pour chaque dose et pour chacun des deux fongicides **Flamenco SC** et **Tilt 250 EC** et ceci, chaque fois, pour chacun des quatre temps (48h, 72h, 96h et 120h)

Ce test a été également appliqué dans la comparaison, entre les deux variétés, du nombre moyen de feuilles (**NMF**) et de la surface foliaire (**SF**) moyenne obtenus pour les mêmes doses et ceci pour chacun des deux fongicides étudiés.

Dans le cas des caractéristiques physiologiques : à savoir le pourcentage de germination (P.G), le test t de **STUDENT** a été utilisé pour comparer, séparément, les moyennes de chacune de ces caractéristiques, entre les deux variétés de blé dur et ceci pour les mêmes doses de chacun des deux fongicides **Flamenco SC** et **Tilt 250 EC**.

Quant à au métabolisme respiratoire (M.R.), la comparaison a été faite pour chaque temps, pour chacun des deux fongicides, et pour la même dose, entre les variétés de blé dur GTA dur et Vitron.

En ce qui concerne les caractéristiques biochimiques tel que la chl *a*, la chl *b* et la chl (*a+b*) les sucres, la proline et les teneurs en protéines la comparaison des moyennes a été effectuée, entre les deux variétés de blé dur, pour chacun des deux fongicides **Flamenco SC** et **Tilt 250 EC** et pour chacune des cinq doses étudiées.

La réalisation du test t de **STUDENT** a été faite soit en comparant la valeur de  $t_{obs}$  observée avec la valeur théorique  $t_{1-\alpha/2}$  triée à partir de la table t de **STUDENT** pour un niveau de signification  $\alpha = 0,05$  et pour un certain nombre de degrés de liberté (ddl), soit en comparant la valeur de la probabilité P avec le niveau  $\alpha = 0,05$ . Dans le premier cas on a considéré qu'il existe des différences significatives entre les deux moyennes si la quantité  $t_{obs}$  était supérieure ou égale à la valeur  $t_{1-\alpha/2}$  ( $t_{obs} \geq t_{1-\alpha/2}$ ) et dans le deuxième cas on a considéré qu'il existait des différences significatives si la valeur de P était inférieure ou égale à la valeur  $\alpha = 0,05$  ( $p \leq \alpha = 0,05$ ).

Les deux méthodes aboutissent aux mêmes résultats.

Il y a lieu de signaler que tous les calculs ont été effectués à l'aide du logiciel MINITAB (X, 2000).

#### **5.4.3. Le test de l'analyse de la variance (ANOVA).**

Le test d'analyse de la variance à un critère ou à un facteur de classification consiste à comparer plus de deux moyennes de plusieurs populations à partir des données d'échantillons aléatoires simples et indépendants (Dagnelie, 1999).

La réalisation du test se fait soit en comparant la valeur de  $F_{\text{obs}}$  avec une valeur théorique  $F_{1-\alpha}$  extraite à partir de la table F de FISHER pour un niveau de signification  $\alpha = 0,05$  ou  $0,01$  ou  $0,001$  et pour  $k_1$  et  $k_2$  degrés de liberté, soit en comparant la valeur de la probabilité P avec toujours les différentes valeur de  $\alpha = 5\%$  ou  $1\%$  ou  $0,1\%$ . Selon que cette hypothèse d'égalité des moyennes est rejetée au niveau  $\alpha = 0,05$ ,  $0,01$  ou  $0,001$ , on dit conventionnellement que l'écart observé est significatif, hautement significatif ou très hautement significatif. On marque généralement ces écarts d'un, deux ou trois astérisques (Dagnelie, 1999).

Pour chacun des paramètres tels que la LMR, la LMT et le NMR, la comparaison des moyennes, entre doses, a été faite pour chacun des fongicides **Flamenco SC** et **Tilt 250 EC**, pour chacune des deux variétés de blé dur et pour chaque temps (48h, 72h, 96h et 120h).

Tandis que pour le NMF et pour la S.F., la comparaison des moyennes, entre doses, a été effectuée uniquement pour chaque variété et pour chaque fongicide.

Ce test a été également utilisé pour comparer, entre doses, les moyennes de chacune des caractéristiques physiologiques P.G, chl *a*, chl *b* et la chl (*a+b*). La comparaison a été réalisé pour chaque fongicide et pour chacune des deux variétés de *T. durum*.

Quant au métabolisme respiratoire (MR.), la comparaison entre moyennes a été effectuée, d'une part, entre doses pour chaque temps et pour chacune des deux variétés de blé dur et, d'autre part, entre temps pour chacune des doses et pour chacune des deux variétés de blé. Toutes ces comparaisons ont été, évidemment, effectuées pour chaque fongicide.

L'analyse de la variance a servi aussi à comparer entre doses, pour chaque caractéristique biochimique, les moyennes des teneurs en protéines, les moyennes de la teneur en proline, et les moyennes des teneurs en sucres, pour chacune des deux variétés de blé dur et pour chacun des deux fongicides.

Les calculs de ce test ont été réalisés à laide du logiciel d'analyse statistique MINITAB (X, 2000).

#### 5. 4.4. Le test de FRIEDMAN.

Le test de **FRIEDMAN** est un test non paramétrique de comparaison de plusieurs populations. Il s'applique au cas de plusieurs échantillons non indépendants (DAGNELIE, 1999).

Son principe consiste à calculer une quantité observée appelée  $X^2_{obs}$  et à la comparer à une valeur théorique  $X^2_{1-\alpha}$  extraite à partir des tables de PEHRSON pour un niveau de signification  $\alpha = 0,05$  et pour k degrés de liberté (Dagnelie, 1999).

Comme il est aussi possible de comparer la valeur de la probabilité P avec le niveau de signification  $\alpha = 0,05$ . Ce test a été appliqué pour comparer, entre les quatre temps, l'identité des populations pour la LMR, la LMT et le NMR. Ces comparaisons ont été effectuées pour chacune des cinq doses de chacun des deux fongicides.

Dans ce cas également, les calculs ont été réalisés avec le logiciel MINITAB (X, 2000).

# **CHAPITRE III**

# **RESULTATS**

**CHAPITRE III**

**RESULTATS**

## A. Introduction

Beaucoup de travaux scientifiques rapportent que les premiers paramètres affectés lors de traitements par les fongicides sont la longueur moyenne racinaire (LMR), la longueur moyenne des tigelles (LMT), le nombre moyen de racines (NMR), le nombre moyen des feuilles (NMF), la surface foliaire (SF), le pourcentage de la germination (PG), le métabolisme respiratoire (MT), les chlorophylles ( $a$ ,  $b$ , et  $a + b$ ), les protéines (prot), la proline (prol) et les sucres.

Dans cette étude, nous avons testé deux fongicides, le Flamenco SC et le Tilt 250 EC sur les paramètres morphométriques (LMR, LMT, NMR, NMF, SF); physiologiques (PG, et MR) et biochimiques (chlorophylles  $a$ ,  $b$ ,  $a+b$ , prot, proline et sucres). Nous avons recours pour la première fois mesuré les variations de l'activité respiratoire des racines isolées des deux variétés aux xenobiotiques

## B. La longueur moyenne des racines (L.M.R.)

### 1. Traitement par le Fongicide Flamenco SC

L'examen des paramètres statistiques de base des Tableaux 3.1, relatif au fongicide Flamenco SC, montre que la moyenne des longueurs moyennes racinaires (**LMR**) augmente en fonction du temps et ceci aussi bien pour la variété **GTA dur** que pour la variété **Vitron**. La dispersion mesurée par l'écart type ( $s$ ), quant à elle, est pratiquement identique pour les deux variétés de blé dur.

L'étude des résultats de l'analyse de la variance (Tableau 3.2) dans la comparaison, entre doses, des longueurs moyennes racinaires (**LMR**) donne des différences non significatives uniquement pour le temps 48 h, alors qu'on constate des différences hautement à très hautement significatives pour chacun des trois autres temps (72 h, 96 h, et 120 h) et ceci pour les deux variétés de blé (Tableau 6).

Les résultats du test  $t$  de **STUDENT** (Tableau 7) montrent qu'il existe des différences justes significatives entre les deux variétés de blé pour les doses  $D_0$  et  $D_1$  pour

48h et entre variétés pour les autres doses et pour tous les autres temps, excepté ou la dose D<sub>3</sub> à 120 heures, ou les différences sont justes significatives.

Par ailleurs, le test de **FRIEDMAN** indique pour chacune des deux variétés de *T. durum* : **GTA dur** et **Vitron**, et pour chaque dose du fongicide des différences significatives, entre les quatre temps, concernant les longueurs moyennes racinaires (LMR) (Tableau 8).

**Tableau : 5** Paramètres statistiques de base des longueurs moyennes racinaires (LMR) (mm), obtenues pour différents temps et pour différentes doses du fongicide **Flamenco SC** appliqué aux deux variétés **GTA dur** et **Vitron**

Variétés	Temps	Dose	n	x	s	$X_{min} - X_{max}$	
GTA dur	48 h	Do	3	5,336	0,7983	4,440 – 5,970	
		D1	3	7	0,7190	4,310 – 5,690	
		D2	3	5,116	0,8656	4,300 – 5,970	
		D3	3	7	0,4216	4,520 – 5,340	
		D4	3	5,003	0,6025	3,620 – 4,710	
				3			
				4,986			
				7			
				4,016			
				7			
	72 h	Do	3	14,32	0,731	13,490 – 14,870	
		D1	3	0	0,877	13,030 – 14,720	
		D2	3	13,74	0,859	10,020 – 11,700	
		D3	3	0	0,623	9,400 – 10,610	
		D4	3	10,96	0,845	8,920 – 10,610	
				0			
				9,920			
				9,760			
	96 h	Do	3	19,94	0,850	19,040 – 20,730	
		D1	3	0	0,889	16,240 – 17,900	
D2		3	17,25	0,673	15,970 – 17,150		
D3		3	3	0,268	14,320 – 14,850		
D4		3	16,37	0,499	13,380 – 14,370		
			3				
			14,60				
			7				
			13,84				
			0				
120 h	Do	3	24,55	0,752	23,910 – 25,380		
	D1	3	3	0,987	18,630 – 20,520		
	D2	3	19,74	0,817	18,250 – 19,840		
	D3	3	0	0,907	18,000 – 19,570		
	D4	3	19,15	0,226	16,550 – 17,020		
			3				
			18,52				
			3				
			16,85				
			7				
Vitron	48 h	Do	3	6,070	0,7515	5,210 – 6,600	
		D1	3	0	0,4508	5,560 – 6,440	
		D2	3	6,056	0,6653	5,050 – 6,300	
		D3	3	7	0,8143	4,430 – 5,860	
		D4	3	5,543	0,6767	4,490 – 5,760	
				3			
				5,370			
				0			
				5,260			
				0			
	72 h	Do	3	11,50	0,787	10,600 – 12,020	
		D1	3	7	0,686	10,620 – 11,990	
		D2	3	11,32	0,862	10,000 – 11,550	
		D3	3	7	0,430	9,990 – 10,820	
		D4	3	10,55	0,634	8,430 – 9,610	
			7				
			10,47				
			0				
			8,887				

DO: Témoin      D1: 28, 36 µg      D2: 56, 72 µg      D3:113, 44µg      D4:226, 88µg

**Tableau 6 :** Analyse de la variance à un critère de classification appliquée dans la comparaison, entre les différentes doses, des longueurs moyennes racinaires (LMR) obtenues pour chaque temps sur la variété **GTA dur** et la variété **Vitron** soumises au fongicide **Flamenco SC**.

Variétés	Temps	ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P
<b>GTA dur</b>	48 h	4	0,777	1,59	<b>0,251 NS</b>
	72 h	4	13,869	22,06	<b>0,000 ***</b>
	96 h	4	17,273	37,78	<b>0,000 ***</b>
	120 h	4	24,977	40,29	<b>0,000 ***</b>
<b>Vitron</b>	48 h	4	0,437	0,94	<b>0,481 NS</b>
	72 h	4	3,219	6,65	<b>0,007 ***</b>
	96 h	4	25,554	29,46	<b>0,000 ***</b>
	120 h	4	31,366	49,09	<b>0,000 ***</b>

N.S. = pas de différences significative ( $p > \alpha = 0,05$ )

\* = existe des différences significatives ( $p < \alpha = 0,05$ )

\*\* = existe des différences hautement significatives ( $p < \alpha = 0,01$ )

\*\*\* = existe des différences très hautement significatives ( $p < \alpha = 0,001$ )

ddl = degré de liberté

CM = carré moyen

P = probabilité

Fobs = valeur observée de la variable F de FISHER

**Tableau 7** : Test t de **STUDENT** pour échantillons indépendants, appliqué pour comparer, entre les deux variétés **GTA dur** et **Vitron**, les longueurs moyennes racinaires (**LMR**), obtenues pour chaque dose du fongicide Flamenco SC et pour chaque temps.

Temps	Doses	Variétés	moyennes	F <sub>obs</sub>	P
48 h	Do	V1	5,337	1,16	<b>0,311 N.S.</b>
		V2	6,070		
	D1	V1	5,117	1,92	<b>0,127 N.S.</b>
		V2	6,057		
	D2	V1	5,003	0,86	<b>0,440 N.S.</b>
		V2	5,543		
	D3	V1	4,987	0,72	<b>0,509 N.S.</b>
		V2	5,370		
D4	V1	4,017	2,38	<b>0,076 N.S.</b>	
	V2	5,260			
72 h	Do	V1	14,320	4,53	<b>0,011 *</b>
		V2	11,507		
	D1	V1	13,740	3,75	<b>0,020 *</b>
		V2	11,327		
	D2	V1	10,963	0,58	<b>0,594 N.S.</b>
		V2	10,557		
	D3	V1	9,920	1,26	<b>0,277 N.S.</b>
		V2	10,470		
D4	V1	9,760	1,43	<b>0,225 N.S.</b>	
	V2	8,887			
96 h	Do	V1	19,940	2,44	<b>0,011 N.S.</b>
		V2	21,95		
	D1	V1	17,253	0,43	<b>0,020 N.S.</b>
		V2	17,560		
	D2	V1	16,373	1,29	<b>0,594 N.S.</b>
		V2	17,210		
	D3	V1	14,607	0,98	<b>0,277 N.S.</b>
		V2	10,470		
D4	V1	13,840	1,21	<b>0,225 N.S.</b>	
	V2	14,560			
120 h	Do	V1	24,553	1,00	<b>0,376 N.S.</b>
		V2	23,840		
	D1	V1	19,740	1,41	<b>0,230 N.S.</b>
		V2	20,810		
	D2	V1	19,153	2,32	<b>0,081 N.S.</b>
		V2	17,760		
	D3	V1	18,523	3,12	<b>0,036 *</b>
		V2	16,490		
D4	V1	16,857	1,17	<b>0,306 N.S.</b>	

		V2	16,300		
--	--	----	--------	--	--

DO: Témoin D1: 28, 36 µg D2: 56, 72 µg D3: 113, 44µg D4: 226, 88µg

**Tableau 8** : Test de **FRIEDMAN** de la comparaison, entre les quatre temps, de l'identité des longueurs moyennes racinaires ( **LMR**) obtenues pour chacune des cinq doses du fongicide **Flamenco SC** appliqué sur chacune des deux variétés de blé, **GTA dur** et **Vitron**

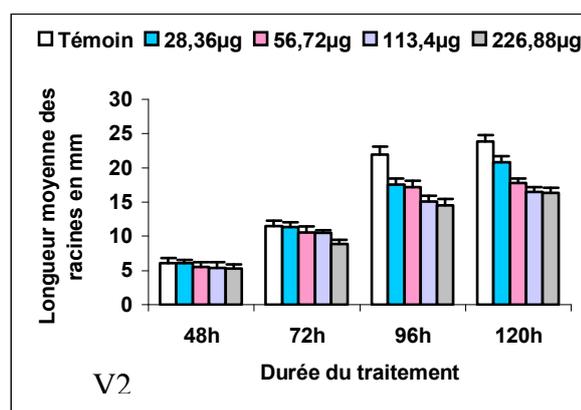
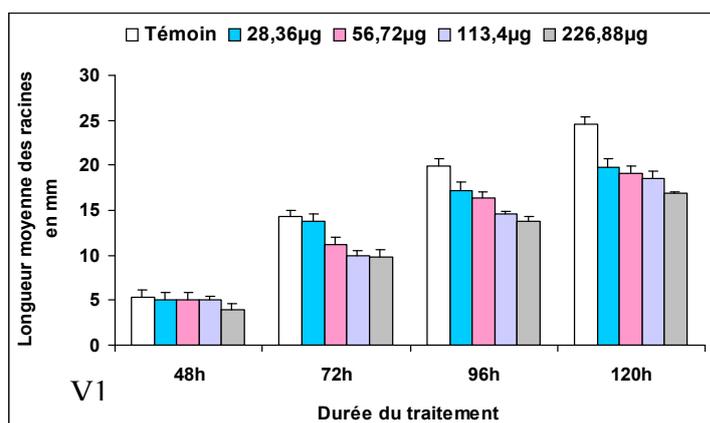
Doses	Variété GTA dur			Variété Vitron		
	ddl	$X^2_{obs}$	P	ddl	$X^2_{obs}$	P
<b>D<sub>0</sub></b>	3	9,00	0,0029 *	3	9,97	<b>0,029</b> *
<b>D<sub>1</sub></b>	3	9,00	0,029 *	3	10,38	<b>0,026</b> *
<b>D<sub>2</sub></b>	3	9,00	0,029 *	3	9,46	<b>0,029</b> *
<b>D<sub>3</sub></b>	3	9,00	0,029 *	3	9,97	<b>0,029</b> *
<b>D<sub>4</sub></b>	3	9,00	0,029 *	3	10,38	<b>0,029</b> *

ddl = degrés de liberté

$X^2_{obs}$  = valeur observée de la variable  $X^2$  du test de **FRIEDMAN**

P = probabilité

La représentation graphique des résultats statistiques obtenus dans le cas du traitement des deux variétés **GTA dur** et **Vitron** est illustrée sur la Figure 12.



**Figure 12.** Effets des quatre doses de Flamenco SC sur la longueur moyenne des racines (mm) de V1 : GTA dur et V2 : Vitron. ( $m \pm s$ ;  $n = 3$ ).

## 2) Traitement par le Fongicide Tilt 250 EC :

A partir du Tableau (9) relatif aux paramètres statistiques de base on constate que les moyennes ( $x$ ) des longueurs moyennes racinaires (LMR) sont faibles pour 48 h pour chacune des deux variétés de blé dur, et elles ont tendance à augmenter avec le temps. Par contre, les valeurs de l'écart type ( $s$ ) sont d'une façon générale plus élevées pour la variété **GTA dur** et plus spécialement pour 96 h et 120 h.

Les valeurs de la probabilité P relatives à l'analyse de la variance (Tableau 10) montrent clairement qu'il existe des différences significatives à très hautement significatives, entre doses pour la LMR et ceci pour chaque temps et chaque variété de *T. durum*.

Quant aux résultats du test t de **STUDENT**, (Tableau 11), on observe qu'il existe des différences justes significatives, entre variétés, uniquement pour les doses  $D_1$ ,  $D_2$  et  $D_3$  à 96 h et pour la dose  $D_1$  à 120 h. Pour les autres doses et les autres temps, il n'existe pas de différences significatives.

Par ailleurs le test de **FRIEDMAN** indique pour chacune des deux variétés de *T. durum* : **GTA dur** et **Vitron**, et pour chaque dose du fongicide des différences significatives, entre les quatre temps, concernant les longueurs moyennes racinaires (LMR) (tableau 12)

**Tableau. 9** : Paramètres statistiques de base des longueurs moyennes racinaires (**LMR**) obtenues pour différents temps et pour différentes doses du fongicide **Tilt 250 EC** appliqué sur la variété **GTA dur** et **Vitron**.

Variétés	Temps	Doses	n	x	s	$x_{min} - x_{max}$	
<b>GTA dur</b>	48 h	Do	3	5,917	0,683	5,300 – 6,650	
		D1	3	5,490	0,607	5,040 – 6,180	
		D2	3	4,867	0,839	3,900 – 5,400	
		D3	3	3,657	0,743	3,150 – 4,510	
		D4	3	3,600	0,786	3,050 – 4,500	
	72 h	Do	3	15,13	0,387	14,700 – 15,480	
		D1	3	3	0,785	12,250 – 13,610	
		D2	3	12,70	0,707	11,610 – 12,960	
		D3	3	3	0,391	9,250 – 10,030	
		D4	3	12,40	0,981	6,200 – 8,110	
					7		
					9,627		
				7,027			
	96 h	Do	3	21,06	0,690	20,470 – 21,820	
		D1	3	3	0,385	14,550 – 15,320	
		D2	3	14,93	0,795	12,810 – 14,350	
		D3	3	3	0,700	12,500 – 13,890	
		D4	3	13,68	0,608	9,370 – 10,470	
					3		
					13,14		
			7				
			9,770				
120 h	Do	3	26,39	0,657	25,710 - 27,020		
	D1	3	3	0,747	16,040 – 17,530		
	D2	3	16,75	0,883	15,470 – 17,210		
	D3	3	7	0,720	14,840 – 16,250		
	D4	3	16,42	0,763	11,320 – 12,730		
				7			
				15,63			
				0			
				11,85			
				7			
<b>Vitron</b>	48 h	Do	3	5,237	0,895	4,240 – 5,970	
		D1	3	4,737	0,983	4,120 – 5,870	
		D2	3	4,557	0,696	3,840 – 5,230	
		D3	3	3,793	0,716	3,370 – 4,620	
		D4	3	2,553	0,762	2,050 – 3,430	
	72 h	Do	3	13,73	0,975	12,620 – 14,420	
		D1	3	7	0,973	11,470 – 13,410	
		D2	3	12,39	0,730	11,330 – 12,760	
		D3	3	3	0,694	10,120 – 11,490	
		D4	3	12,13	0,827	6,050 – 7,580	
					0		
					10,87		
				0			
				6,633			
	96 h	Do	3	20,89	3,21	17,61 – 24,02	
		D1	3	18,93	2,30	17,08 – 21,50	
		D2	3	16,36	1,446	15,000 – 17,880	
		D3	3	7	0,411	14,100 – 14,920	
		D4	3	14,52	1,237	9,240 – 11,520	
					3		
				10,10			
			3				
120 h	Do	3	22,96	3,42	19,57 - 26,40		
	D1	3	21,91	2,53	20,35 – 24,83		
	D2	3	18,68	1,520	17,160 – 20,200		

**Tableau 10** : Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification appliquée dans la comparaison, entre les différentes doses, des longueurs moyennes racinaires (LMR) (cm) obtenues pour chaque temps sur la variété **GTA dur** et la variété **Vitron** soumises au fongicide **Tilt 250 EC**.

Variétés	Temps	ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P
<b>GTA dur</b>	48 h	4	3,323	6,14	0,009 **
	72 h	4	29,189	61,11	0,000 ***
	96 h	4	51,088	120,76	0,000 ***
	120 h	4	87,076	151,75	0,000 ***
<b>Vitron</b>	48 h	4	3,273	4,89	0,019 *
	72 h	4	22,257	30,94	0,000 ***
	96 h	4	52,10	13,46	0,000 ***
	120 h	4	55,96	12,44	0,000 ***

N.S. = pas de différences significative ( $p > \alpha = 0,05$ )

\* = existe des différences significatives ( $p \leq \alpha = 0,05$ )

\*\* = existe des différences hautement significatives ( $p \leq \alpha = 0,01$ )

\*\*\* = existe des différences très hautement significatives ( $p \leq \alpha = 0,001$ )

DDL = degré de liberté

CM = carré moyen

P = probabilité

Fobs = valeur observée de la variable F de FISHER

**Tableau 11** : Test t de **STUDENT** pour échantillons indépendants, appliqué pour comparer, entre les deux variétés **GTA dur** et **Vitron**, les longueurs moyennes racinaires (**LMR**) (cm) obtenues pour chaque dose du fongicide **Tilt 250 EC** et pour différents temps.

Temps	Doses	Variétés	moyennes	T <sub>obs</sub>	P
48 h	Do	V1	5,917	1,05	<b>0,354 N.S.</b>
		V2	5,237		
	D1	V1	5,490	1,13	<b>0,322 N.S.</b>
		V2	4,737		
	D2	V1	4,867	0,49	<b>0,648 N.S.</b>
		V2	4,557		
	D3	V1	3,657	0,23	<b>0,830 N.S.</b>
		V2	3,793		
	D4	V1	3,600	1,66	<b>0,173 N.S.</b>
		V2	2,553		
72 h	Do	V1	15,133	2,30	<b>0,083 N.S.</b>
		V2	13,737		
	D1	V1	12,703	0,43	<b>0,690 N.S.</b>
		V2	12,393		
	D2	V1	12,407	0,47	<b>0,662 N.S.</b>
		V2	12,130		
	D3	V1	9,627	2,70	<b>0,054 N.S.</b>
		V2	10,870		
	D4	V1	7,027	0,53	<b>0,623 N.S.</b>
		V2	6,633		
96 h	Do	V1	21,063	0,09	<b>0,933 N.S.</b>
		V2	20,89		
	D1	V1	14,933	2,97	<b>0,041 *</b>
		V2	18,93		
	D2	V1	13,693	2,81	<b>0,048N *</b>
		V2	16,37		
	D3	V1	13,147	2,94	<b>0,042 N*</b>
		V2	14,523		
	D4	V1	9,770	0,42	<b>0,697 N.S.</b>
		V2	10,10		
120h	Do	V1	26,393	1,71	<b>0,162 N.S.</b>
		V2	22,96		
	D1	V1	16,757	3,38	<b>0,028 *</b>
		V2	21,91		
	D2	V1	16,427	2,23	<b>0,090 NS</b>
		V2	18,69		
	D3	V1	15,630	1,84	<b>0,139 NS</b>
		V2	16,523		
	D4	V1	11,857	0,42	<b>0,696 N.S.</b>
		V2	12,24		

DO: Témoin D1: 28, 36 µg D2: 56, 72 µg D3: 113, 44µg D4: 226, 88µg

**Tableau 12** : Test de **FRIEDMAN** de la comparaison, entre les quatre temps, de l'identité des longueurs moyennes racinaires (**LMR**) obtenues pour chacune des cinq doses du fongicide **Tilt 250 EC** appliqué sur chacune des deux variétés **GTA dur** et **Vitron**

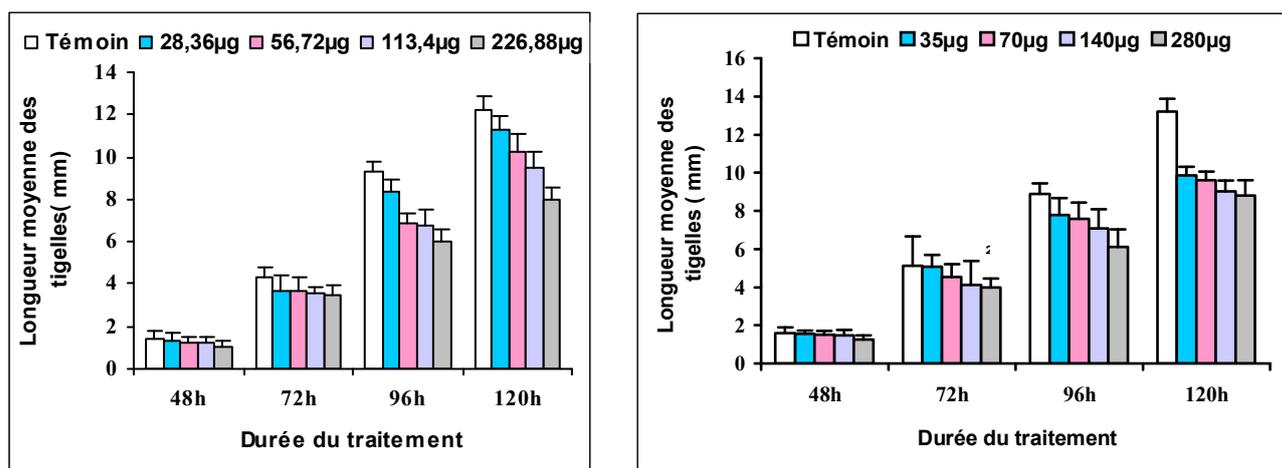
Doses	Variété GTA dur			Variété Vitron		
	ddl	$X^2_{obs}$	P	ddl	$X^2_{obs}$	P
D <sub>0</sub>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	0,029*
D <sub>1</sub>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	0,029 *
D <sub>2</sub>	3	9,00	0,029*	3	9,00	0,029 *
D <sub>3</sub>	3	9,00	0,029*	3	9,00	0,029*
D <sub>4</sub>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	0,029 *

ddl = degrés de liberté

$X^2_{obs}$  = valeur observée de la variable  $X^2$  du test de **FRIEDMAN**

P = probabilité

La représentation graphique des résultats statistiques obtenus dans le cas du traitement des deux variétés **GTA dur** et **Vitron** est illustrée sur la figure 13.



**Figure 13.** Effets des quatre doses de Tilt 250 EC sur la longueur moyenne racinaire (mm) de GTA dur et Vitron. ( $m \pm s$ ;  $n = 3$ ).

## C. La longueur moyenne des tiges (L.M.T).

### 1. Traitement par le Fongicide Flamenco SC :

L'analyse des paramètres statistiques élémentaires (Tableau 13) calculés sur les longueurs moyennes des tiges (L.M.T.) montre, une fois encore, que les moyennes les plus faibles sont enregistrées pour les 48 h et qu'elles augmentent avec le temps, et ceci pour les deux variétés de blé dur.

La dispersion des données autour de leurs moyennes est pratiquement identique pour le même temps pour les deux variétés de blé dur.

On observe que les résultats de l'analyse de la variance (Tableau 14) indiquent qu'il n'existe pas de différences significatives, entre doses, pour 48 h et 72 h, alors qu'il existe des différences très hautement significatives pour 96 h et 120 h et cela pour chacune des deux variétés de blé dur.

Par ailleurs, le test t de **STUDENT** (Tableau 15) ne donne aucune différence significative, entre variétés, pour le L.M.T, et ceci quelque soit la dose du fongicide **Flamenco SC** et quelque soit le temps pris en considération.

Le test de **FRIEDMAN** indique pour chacune des deux variétés de *T. durum* : **GTA dur** et **Vitron**, et pour chaque dose du fongicide des différences significatives, entre les quatre temps, concernant les longueurs moyennes des tiges (LMT) (Tableau 16).

**Tableau 13 :** Paramètre statistiques de base des longueurs moyennes de tigelles (LMT) obtenues pour différents temps et pour différentes doses du fongicide **Flamenco SC** appliqué sur chacune des 2 variétés de blé dur.

Variétés	Temps	Dose	n	x	s	X min - X max
<b>GTA dur</b>	48 h	Do	3	1,403	0,378	1,110- 1,830
		D1	3	1,357	0,368	1,040 - 1,760
		D2	3	1,213	0,344	1,000 - 1,610
		D3	3	1,193	0,340	0,940 - 1,580
		D4	3	1,070	0,262	1,830 - 1,350
	72 h	Do	3	4,800	0,537	3,980 - 4,920
		D1	3	3,670	0,762	3,210- 4,550
		D2	3	3,647	0,697	3,200 - 4,450
		D3	3	3,557	0,327	3,180 - 3,770
		D4	3	3,470	0,498	3,120 -4,040
	96 h	Do	3	9,287	0,531	8,740- 9,800
		D1	3	8,377	0,569	7,730- 8,800
		D2	3	6,903	0,402	6,550 - 7,340
		D3	3	6,793	0,717	6,340 - 7,620
		D4	3	6,050	0,510	5,670 - 6,630
	120 h	Do	3	12,19	0,696	11,700- 12,990
		D1	3	3	0,624	10,610- 11,750
		D2	3	11,32	0,911	9,190 - 10,960
		D3	3	7	0,824	8,820 - 10,390
		D4	3	10,20	0,544	7,670 - 8,650
<b>Vitron</b>	48 h	Do	3	1,673	0,155	1,500- 1,800
		D1	3	1,553	0,189	1,420 - 1,770
		D2	3	1,407	0,471	1,120 - 1,950
		D3	3	1,350	0,538	1,010 - 1,970
		D4	3	1,257	0,289	1,000 - 1,570
	72 h	Do	3	4,313	0,608	3,770 - 4,970
		D1	3	4,123	0,693	3,470- 4,850
		D2	3	4,006	0,172	3,870 - 4,200
		D3	3	3,900	0,819	3,200 - 4,800
		D4	3	3,410	0,569	3,000 - 4,060
	96 h	Do	3	9,717	0,775	9,220 - 10,610
		D1	3	7,553	0,599	6,870- 7,990
		D2	3	7,267	0,643	6,760 - 7,990
		D3	3	6,993	0,656	6,580 - 7,750
		D4	3	6,707	0,486	6,200 - 7,170
	120 h	Do	3	13,58	0,656	13,070- 14,320
		D1	3	0	0,879	12,020- 13,620
		D2	3	13,03	0,472	9,070- 10,010
		D3	3	0	0,638	8,570 - 9,820
		D4	3	9,517	0,524	8,160 - 9,130
				9,270		
				8,530		

DO: Témoin    D1: 28, 36 µg    D2: 56, 72 µg    D3: 113, 44µg    D4: 226, 88µg

**Tableau 14 :** Résultats de l'analyse de la variance à un critère appliquée dans la comparaison, entre les différentes doses, des longueurs moyennes des tigelles (LMT) obtenues pour chaque temps sur la variété **GTA dur** et la variété **Vitron** soumises au fongicide **Flamenco SC**.

Variétés	Temps	ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P
<b>GTA dur</b>	48 h	4	0,054	0,46	<b>0,761 N.S</b>
	72 h	4	0,325	0,95	<b>0,475 N.S</b>
	96 h	4	5,188	16,83	<b>0,000 ***</b>
	120 h	4	7,890	14,72	<b>0,000 ***</b>
<b>Vitron</b>	48 h	4	0,082	0,63	<b>0,653 N.S</b>
	72 h	4	0,345	0,92	<b>0,490 N.S</b>
	96 h	4	4,311	10,56	<b>0,001 ***</b>
	120 h	4	16,381	38,86	<b>0,000 ***</b>

N.S. = pas de différences significative ( $p > \alpha = 0,05$ )

\* = existe des différences significatives ( $p \leq \alpha = 0,05$ )

\*\* = existe des différences hautement significatives ( $p \leq \alpha = 0,01$ )

\*\*\* = existe des différences très hautement significatives ( $p \leq \alpha = 0,001$ )

ddl = degré de liberté

CM = carré moyen

P = probabilité

F<sub>obs</sub> = valeur observée de la variable F de FISHER

**Tableau 15** : Test t de **STUDENT** pour échantillons indépendants, appliqué pour comparer, entre les deux variétés **GTA dur** et **Vitron**, les longueurs moyennes des tigelles (**LMT**) obtenues pour chaque dose du fongicide **Flamenco SC** et pour les différents temps.

Temps	Doses	Variétés	Moyennes	T <sub>obs</sub>	P
48 h	Do	V1	1,403	1,14	<b>0,316 N.S</b>
		V2	1,673		
	D1	V1	1,357	0,82	<b>0,456 N.S</b>
		V2	1,553		
	D2	V1	1,213	0,57	<b>0,596 N.S</b>
		V2	1,407		
	D3	V1	4,300	0,03	<b>0,979 N.S</b>
		V2	4,313		
	D4	V1	1,070	1,83	<b>0,454 N.S</b>
		V2	1,257		
72 h	Do	V1	3,670	0,76	<b>0,488 N.S</b>
		V2	4,123		
	D1	V1	3,647	0,87	<b>0,434 N.S</b>
		V2	4,007		
	D2	V1	3,557	0,67	<b>0,537 N.S</b>
		V2	3,900		
	D3	V1	3,470	0,14	<b>0,897 N.S</b>
		V2	3,410		
	D4	V1	9,287	0,79	<b>0,472 N.S</b>
		V2	9,717		
96 h	Do	V1	9,287	0,79	<b>0,472 N.S</b>
		V2	9,717		
	D1	V1	8,377	1,73	<b>0,159 N.S</b>
		V2	7,553		
	D2	V1	6,903	0,83	<b>0,453 N.S</b>
		V2	7,267		
	D3	V1	6,793	0,36	<b>0,740 N.S</b>
		V2	6,993		
	D4	V1	6,050	1,61	<b>0,82 N.S</b>
		V2	6,707		
120 h	Do	V1	12,193	2,51	<b>0,066 N.S</b>
		V2	13,580		
	D1	V1	11,327	2,74	<b>0,052 N.S</b>
		V2	13,030		
	D2	V1	10,200	1,15	<b>0,313 N.S</b>
		V2	9,517		
	D3	V1	9,46	0,32	<b>0,768 N.S</b>
		V2	9,270		
	D4	V1	8,023	1,16	<b>0,310 N.S</b>
		V2	8,530		

**Tableau 16** : Test de **FRIEDMAN** de la comparaison, entre les quatre temps, de l'identité des longueurs moyennes des tigelles (**LMT**) obtenues, pour chacune des cinq doses du fongicide **Flamenco SC** appliqué sur chacune des deux variétés **GTA dur** et **Vitron**

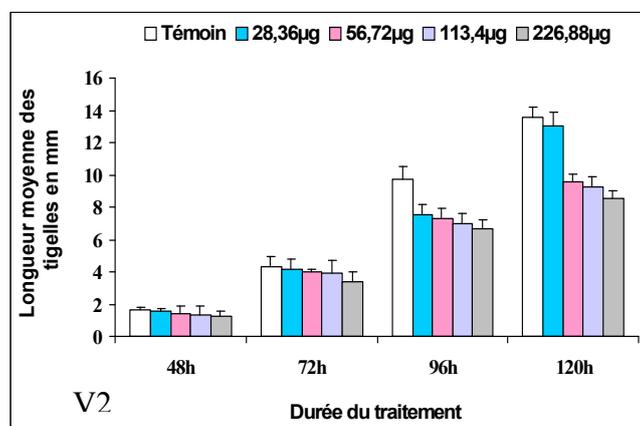
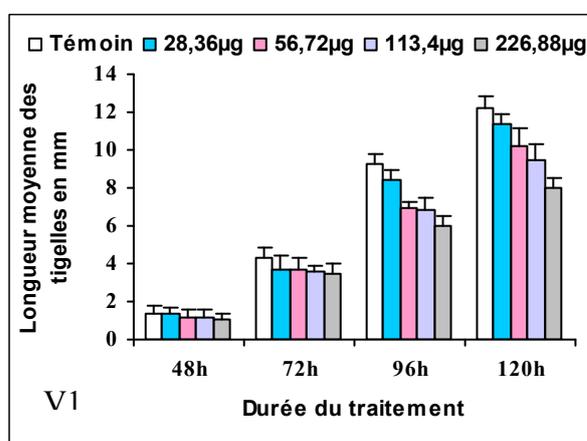
Doses	Variété GTA dur			Variété Vitron		
	ddl	$X^2_{obs}$	P	ddl	$X^2_{obs}$	P
<b>D<sub>0</sub></b>	3	10,38	0,016 *	3	10,38	<b>0,016 *</b>
<b>D<sub>1</sub></b>	3	10,38	0,016 *	3	10,38	<b>0,016 *</b>
<b>D<sub>2</sub></b>	3	10,38	0,016 *	3	10,38	<b>0,016 *</b>
<b>D<sub>3</sub></b>	3	10,38	0,016 *	3	10,38	<b>0,016 *</b>
<b>D<sub>4</sub></b>	3	10,38	0,016 *	3	10,38	<b>0,016 *</b>

ddl = degrés de liberté

$X^2_{obs}$  = valeur observée de la variable  $X^2$  du test de FRIEDMAN

P = probabilité

La représentation graphique des résultats statistiques obtenus dans le cas du traitement des deux variétés **GTA dur** et **Vitron** est illustrée sur la Figure 14.



**Figure 14.** Effets des quatre doses de Flamenco SC sur la longueur moyenne (mm) des tigelles de GTA dur et Vitron. ( $m \pm s$ ;  $n = 3$ ).

## 2) Traitement par le Tilt 250 EC

Les paramètres statistiques de base obtenus sur la **LMT** (Tableau 17) indiquent clairement que la moyenne  $\bar{x}$  croît avec le temps pour chacune des deux variétés de *T. durum*.

Les comparaisons des **LMT**, entre les différentes doses, à l'aide de l'analyse de la variance ne sont pas significatives pour 48 h et 72 h alors qu'elles sont significatives pour 96 h et 120 h (Tableau 18) pour les deux variétés de *T. durum*.

Le test t de **STUDENT** ne donne aucune différence significative, entre variétés, pour 48 h, 72 h et 96 h et ceci quelque soit la dose, alors que pour 120 h on ne distingue des différences significatives que pour les doses  $D_0$ ,  $D_2$  et  $D_4$  (Tableau 19).

Par ailleurs le test de **FRIEDMAN** indique pour chacune des deux variétés de *T. durum* : **GTA** dur et **Vitron**, et pour chaque dose du fongicide des différences significatives, entre les quatre temps, concernant les longueurs moyennes des tigelles (**LMT**) (Tableau 20).

**Tableau : 17.** Paramètre statistiques de base des longueurs moyennes des tigelles( LMT) obtenues pour différents temps et pour différentes doses( $\mu\text{g}$ ) du fongicide **Tilt 250 EC** appliqué sur chacune des variétés **GTA dur** et **Vitron**.

Variété	Temps	Dose	n	x	s	$X_{\min} - X_{\max}$
<b>GTA dur</b>	48 h	Do	3	1,273	0,225	1,020– 1,450
		D1	3	1,220	0,191	1,100 – 1,440
		D2	3	1,203	0,144	1,120 – 1,370
		D3	3	1,166	0,092	1,060 – 1,220
		D4	3	0,900	0,070	0,850 – 0,980
	72 h	Do	3	4,117	0,551	3,550 – 4,650
		D1	3	4,200	0,577	3,550– 4,650
		D2	3	3,527	0,601	3,170 – 4,220
		D3	3	3,463	0,595	3,120– 4,150
		D4	3	2,777	0,489	2,470 -3,340
	96 h	Do	3	8,407	0,911	7,770– 9,450
		D1	3	6,713	0,393	6,270– 7,020
		D2	3	6,007	0,630	5,470 – 6,700
		D3	3	5,910	0,421	5,510 – 6,350
		D4	3	5,573	0,500	5,270 – 6,150
	120	Do	3	11,47	0,670	11,070- 12,250
		D1	3	3	0,810	8,720– 10,170
		D2	3	9,237	0,713	7,570– 8,910
		D3	3	8,100	0,847	7,220 – 8,840
		D4	3	7,887	0,672	6,400 – 7,690
<b>Vitron</b>	48 h	Do	3	1,583	0,315	1,220– 1,780
		D1	3	1,567	0,182	1,370 – 1,730
		D2	3	1,500	0,200	1,300 – 1,700
		D3	3	1,470	0,304	1,270 – 1,820
		D4	3	1,267	0,227	1,080 – 1,520
	72 h	Do	3	5,120	0,160	4,170 – 6,920
		D1	3	5,083	0,615	4,620– 5,780
		D2	3	4,540	0,672	4,070 – 5,310
		D3	3	4,130	1,252	3,230– 5,560
		D4	3	3,990	0,475	3,470 -4,400
	96 h	Do	3	8,883	0,586	8,280– 9,450
		D1	3	7,780	0,893	7,230– 8,810
		D2	3	7,570	0,875	7,060 – 8,580
		D3	3	7,097	0,986	6,180 – 8,140
		D4	3	6,103	0,939	5,020 – 6,690
	120 h	Do	3	13,20	0,686	12,500- 13,870
		D1	3	7	0,436	9,510– 10,360
		D2	3	9,880	0,432	9,290– 10,120
		D3	3	9,637	0,569	8,400 – 9,500
		D4	3	9,033	0,827	8,100 – 9,720
				8,813		

**Tableau 18 :** Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification appliquée dans la comparaison, entre les différentes doses, des longueurs moyennes des tigelles (LMT) obtenues pour chaque temps sur la variété **GTA dur** et la variété **Vitron** soumises au fongicide **Tilt 250 EC**.

Variétés	Temps	ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P
<b>GTA dur</b>	48 h	4	0,0643	2,65	<b>0,096 NS</b>
	72 h	4	0,996	3,13	<b>0,065 NS</b>
	96 h	4	3,846	10,64	<b>0,001***</b>
	120 h	4	9,080	16,30	<b>0,000***</b>
<b>Vitron</b>	48 h	4	0,048	0,76	<b>0,575 NS</b>
	72 h	4	0,82	0,81	<b>0,544 NS</b>
	96 h	4	3,082	4,10	<b>0,032 *</b>
	120 h	4	9,530	25,70	<b>0,000 ***</b>

N.S. = pas de différences significative ( $p > \alpha = 0,05$ )

\* = existe des différences significatives ( $p \leq \alpha = 0,05$ )

\*\* = existe des différences hautement significatives ( $p \leq \alpha = 0,01$ )

\*\*\* = existe des différences très hautement significatives ( $p \leq \alpha = 0,001$ )

ddl = degré de liberté

CM = carré moyen

P = probabilité

F<sub>obs</sub> = valeur observée de la variable F de FISHER

**Tableau 19** : Test t de **STUDENT** pour échantillons indépendants appliqué pour comparer, entre les deux variétés **GTA dur** et **Vitron**, les longueurs moyennes des tiges (LMT) obtenues pour chaque dose du fongicide **Tilt 250 EC** et pour différents temps.

Temps	Doses	Variétés	Moyennes	T <sub>obs</sub>	P
48 h	Do	V1	1,273	1,39	<b>0,238 N.S</b>
		V2	1,583		
	D1	V1	1,220	2,28	<b>0,085 N.S</b>
		V2	1,567		
	D2	V1	1,203	2,08	<b>0,106 N.S</b>
		V2	1,500		
	D3	V1	1,166	1,65	<b>0,174 N.S</b>
		V2	1,470		
	D4	V1	0,900	2,67	<b>0,056 N.S</b>
		V2	1,267		
72 h	Do	V1	4,117	1,05	<b>0,353 N.S</b>
		V2	5,12		
	D1	V1	4,200	1,82	<b>0,144 N.S</b>
		V2	5,083		
	D2	V1	3,527	1,95	<b>0,123 N.S</b>
		V2	4,540		
	D3	V1	3,463	0,83	<b>0,452 N.S</b>
		V2	4,13		
	D4	V1	2,777	3,09	<b>0,37 N.S</b>
		V2	3,990		
96 h	Do	V1	8,407	0,76	<b>0,488 N.S</b>
		V2	8,883		
	D1	V1	6,713	1,89	<b>0,131 N.S</b>
		V2	7,780		
	D2	V1	6,007	2,51	<b>0,066 N.S</b>
		V2	7,570		
	D3	V1	5,91	1,92	<b>0,128 N.S</b>
		V2	7,097		
	D4	V1	5,573	0,86	<b>0,437 N.S</b>
		V2	6,103		
120 h	Do	V1	19,473	3,12	<b>0,035 *</b>
		V2	13,207		
	D1	V1	9,237	1,21	<b>0,292 NS</b>
		V2	9,880		
	D2	V1	8,100	3,20	<b>0,033 *</b>
		V2	9,637		
	D3	V1	7,887	1,95	<b>0,123 NS</b>
		V2	9,033		
	D4	V1	6,937	3,05	<b>0,03 *</b>
		V2	8,813		

**Tableau 20** : Test de **FRIEDMAN** de la comparaison, entre les quatre temps, de l'identité des longueurs moyennes des tigelles (**LMT**) (mm) obtenues pour chacune des cinq doses du fongicide **Tilt 250 EC** appliqué sur chacune des deux variétés **GTA dur** et **Vitron** de *T. durum*.

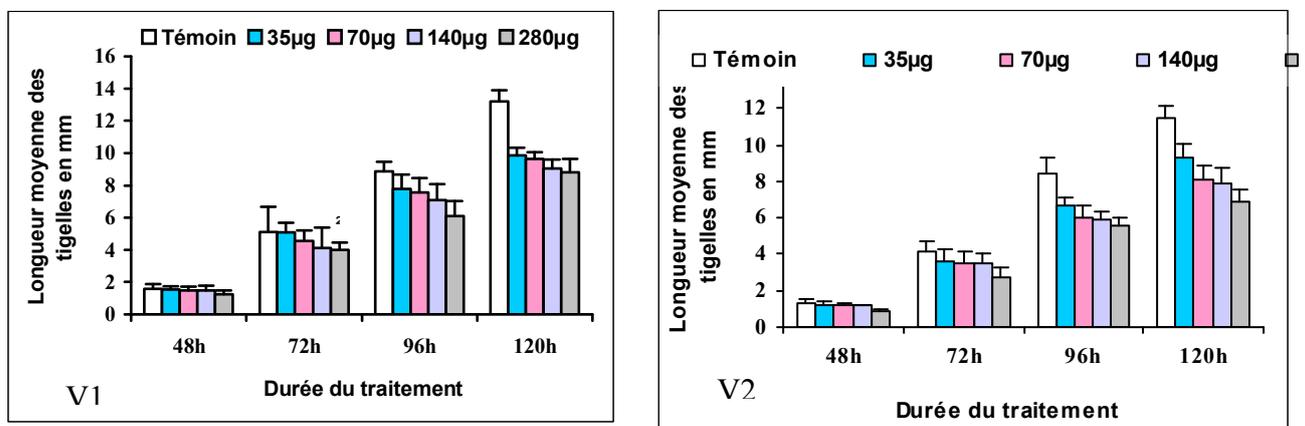
Doses	Variété GTA dur			Variété Vitron		
	dd l	$X^2_{obs}$	P	dd l	$X^2_{obs}$	P
<b>D<sub>0</sub></b>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	<b>0,029 *</b>
<b>D<sub>1</sub></b>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	<b>0,029 *</b>
<b>D<sub>2</sub></b>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	<b>0,029 *</b>
<b>D<sub>3</sub></b>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	<b>0,029 *</b>
<b>D<sub>4</sub></b>	3	9,00	0,029*	3	9,00	<b>0,029 *</b>

ddl = degrés de liberté

$X^2_{obs}$  = valeur observée de la variable  $X^2$  du test de FRIEDMAN

P = probabilité

La représentation graphique des résultats statistiques obtenus dans le cas du traitement des deux variétés **GTA dur** et **Vitron** est illustrée sur la Figure 15.



**Figure 15.** Effets des quatre doses de Tilt 250 EC sur la longueur moyenne des tigelles (mm) de GTA dur et Vitron. (m ± s; n = 3).

## **D. Nombre moyen de racines (N.M.R)**

### **1. Traitement par le Flamenco SC :**

L'étude des paramètres statistiques de base calculés sur le nombre moyen de racines (N.M.R.) montre que les moyennes ( $\bar{x}$ ) sont plus élevées pour la variété **GTA dur** à 96 h, alors qu'elles diminuent pour 120 h pour la même espèce. Tandis que pour la variété **Vitron** l'augmentation est fonction de temps (Tableau 21).

Les comparaisons, entre doses, des nombres moyens de racines (N.M.R.), à l'aide de l'analyse de la variance fait ressortir des différences non significatives pour 72 h pour la variété **Vitron** et pour 96 h pour la variété **GTA dur**. Pour tous les autres temps, il existe des différences hautement significatives à très hautement significatives (Tableau 22).

Les résultats du test t de **STUDENT** de la comparaison, entre variétés, du nombre moyen de racines (N.M.R.) obtenus pour chaque dose du fongicide **Flamenco SC**, n'indiquent pas de différences significatives pour 48 h et 72 h, alors que pour 96 h on distingue des différences significatives pour D<sub>3</sub> et D<sub>4</sub> et pour 120 h des différences significatives pour D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> et D<sub>4</sub> (Tableau 23).

Par ailleurs le test de **FRIEDMAN** indique pour chacune des deux variétés de **T. durum** : **GTA dur** et **Vitron**, et pour chaque dose du fongicide des différences significatives, entre les quatre temps, concernant sur le nombre moyen de racines (N.M.R) (Tableau 24).



**Tableau 22:** Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification appliquée dans la comparaison, entre les différentes doses, du nombre moyen des racines (NMR) obtenus pour chaque temps sur les variété **GTA dur** et **Vitron** soumises au fongicide **Flamenco SC**.

Variétés	Temps	ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P
<b>GTA dur</b>	48 h	4	0,0625	3,08	<b>0,0068 **</b>
	72 h	4	0,1139	8,29	<b>0,003 **</b>
	96 h	4	0,0366	1,29	<b>0,338 NS</b>
	120 h	4	0,07191	7,74	<b>0,004 **</b>
<b>Vitron</b>	48 h	4	0,2331	11,47	<b>0,001 ***</b>
	72 h	4	0,0080	0,55	<b>0,706 NS</b>
	96 h	4	0,3603	15,54	<b>0,000 ***</b>
	120 h	4	0,2712	16,50	<b>0,000 ***</b>

N.S. = pas de différences significative ( $p > \alpha = 0,05$ )

\* = existe des différences significatives ( $p < \alpha = 0,05$ )

\*\* = existe des différences hautement significatives ( $p < \alpha = 0,01$ )

\*\*\* = existe des différences très hautement significatives ( $p < \alpha = 0,001$ )

ddl = degré de liberté

CM = carré moyen

P = probabilité

Fobs = valeur observée de la variable F de FISHER

**Tableau 23:** Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification appliquée dans la comparaison, entre les différentes doses, du nombre moyen des racines( **NMR**) obtenus pour chaque temps sur les variété **GTA dur** et **Vitron** soumises au fongicide **Flamenco SC**.

Temps	Doses	Variétés	Moyennes	T <sub>obs</sub>	P
48 h	Do	V1	1,307	2,00	<b>0,116 N.S.</b>
		V2	1,617		
	D1	V1	1,293	0,50	<b>0,645 NS</b>
		V2	1,220		
	D2	V1	1,173	0,65	<b>0,549 NS</b>
		V2	1,0967		
	D3	V1	1,1200	1,92	<b>0,127 NS</b>
		V2	0,963		
	D4	V1	0,9533	0,76	<b>0,489N.S.</b>
		V2	0,9233		
72 h	Do	V1	2,113	2,88	<b>0,045 S</b>
		V2	1,850		
	D1	V1	1,9400	1,75	<b>0,154 NS</b>
		V2	1,8267		
	D2	V1	1,770	0,614	<b>0,894 NS</b>
		V2	1,7867		
	D3	V1	1,6767	0,66	<b>0,547 NS</b>
		V2	1,753		
	D4	V1	1,6500	0,86	<b>0,440 NS</b>
		V2	1,723		
96 h	Do	V1	2,873	0,17	<b>0,877 NS</b>
		V2	2,900		
	D1	V1	2,737	0,27	<b>0,797 NS</b>
		V2	2,777		
	D2	V1	2,717	0,31	<b>0,775 NS</b>
		V2	2,680		
	D3	V1	2,643	3,42	<b>0,027 *</b>
		V2	2,197		
	D4	V1	2,5800	5,13	<b>0,007 **</b>
		V2	2,143		
120 h	Do	V1	3,110	0,51	<b>0,634 NS</b>
		V2	3,060		
	D1	V1	3,0867	2,22	<b>0,091NS</b>
		V2	2,877		
	D2	V1	3,0067	2,92	<b>0,043 *</b>
		V2	2,750		
	D3	V1	2,827	4,78	<b>0,009 **</b>
		V2	2,397		

	D4	V1	2,7667	4,23	<b>0,013*</b>
		V2	2,373		

V1= Variété GTA dur - V2= Variété Vitron  $T_{OBSobs}$  = valeur observée de la variable t de STUDENT- P = probabilité  
 DO: Témoin D1: 28, 36 µg D2: 56, 72 µg D3: 113, 44µg D4: 226, 88µg

**Tableau 24** : Résultats du test de **FRIEDMAN** de la comparaison, entre les quatre temps, de l'identité du nombre moyen des racines (**NMR**) obtenus pour chacune des cinq doses du fongicide **Flamenco SC** appliqué sur chacune des deux variétés **GTA dur** et **Vitron**

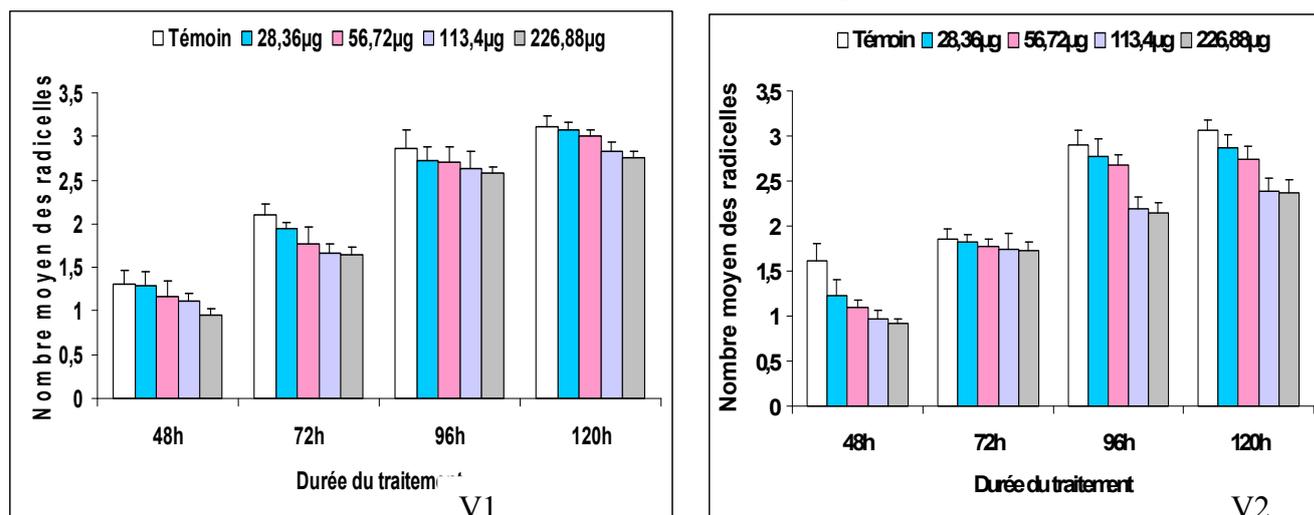
Doses	Variété GTA dur			Variété Vitron		
	dd l	$X^2_{obs}$	P	dd l	$X^2_{obs}$	P
<b>D<sub>0</sub></b>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	<b>0,029 *</b>
<b>D<sub>1</sub></b>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	<b>0,029 *</b>
<b>D<sub>2</sub></b>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	<b>0,029 *</b>
<b>D<sub>3</sub></b>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	<b>0,029 *</b>
<b>D<sub>4</sub></b>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	<b>0,029 *</b>

ddl = degrés de liberté

$X^2_{obs}$  = valeur observée de la variable  $X^2$  du test de FRIEDMAN

P = probabilité

La représentation graphique des résultats statistiques obtenus dans le cas du traitement des deux variétés **GTA dur** et **Vitron** est illustrée sur la Figure 16.



**Figure 16.** Effets des quatre doses de Flamenco SC sur le nombre moyen des racelles de GTA dur (V1) et Vitron (V2). ( $m \pm s$ ;  $n = 3$ ).

## 2. Traitement par le Tilt 250 EC.

Les paramètres statiques obtenus à partir des nombres moyens de racines (**N.M.R.**) sont regroupés dans le Tableau (25).

A première vue les moyennes sont pratiquement identiques pour les deux variétés de blé dur et ce pour le même temps. Ces moyennes augmentent avec le temps.

La dispersion des données par rapport aux moyennes est également identique pour les deux variétés de blé dur.

Le test d'analyse de la variance n'indique pas de différences significatives entre doses pour la variété **GTA dur** pour tous les temps, alors que pour la variété **Vitron**, on distingue des différences significatives pour 96 h et 120 h (Tableau 26).

Le test t de **STUDENT** (Tableau 27) ne donne aucune différence significative, entre les deux variétés, et ce quelque soit la dose du fongicide Tilt et quelque soit le temps considéré.

Par ailleurs le test de **FRIEDMAN** indique pour chacune des deux variétés de **T. durum** : **GTA dur** et **Vitron**, et pour chaque dose ( $\mu\text{g}$ ) du fongicide des différences significatives, entre les quatre temps, concernant sur le nombre moyen de racines (Tableau 28).

**Tableau : 25** Paramètres statistiques de base du nombre moyen de racines (**NMR**) obtenus pour différents temps et pour différentes doses du fongicide **Tilt 250 EC** appliqué sur les variétés **GTA dur** et **Vitron**

Variétés	Temps	Doses	n	x	s	X min – X max
<b>GTA dur</b>	48 h	Do	3	1,463	0,191	1,250–1,620
		D1	3	1,333	0,300	1,150 – 1,680
		D2	3	1,253	0,196	1,050 – 1,440
		D3	3	1,123	0,166	1,070– 1,400
		D4	3	1,193	0,229	0,930 – 1,350
	72 h	Do	3	1,833	0,028	1,800 – 1,850
		D1	3	1,873	0,087	1,800 – 1,970
		D2	3	1,747	0,268	1,450 – 1,970
		D3	3	1,727	0,268	1,430 – 1,950
		D4	3	1,540	0,295	1,200 -1,720
	96 h	Do	3	2,583	0,225	2,350 – 2,800
		D1	3	2,190	0,127	2,050– 2,300
		D2	3	2,130	0,147	2,040– 2,300
		D3	3	2,123	0,384	1,700 – 2,450
		D4	3	2,110	0,233	1,860 – 2,320
	120 h	Do	3	2,873	0,560	2,300- 3,420
		D1	3	2,680	0,191	2,480– 2,860
		D2	3	2,500	0,490	2,020 – 2,950
		D3	3	2,477	0,341	2,110 – 2,740
		D4	3	2,580	0,193	2,360 – 2,700
<b>Vitron</b>	48 h	Do	3	1,520	0,182	1,310– 1,630
		D1	3	1,410	0,183	1,210 – 1,570
		D2	3	1,407	0,478	0,900 – 1,850
		D3	3	1,377	0,293	1,130 – 1,700
		D4	3	1,290	0,242	1,070 – 1,550
	72 h	Do	3	1,937	0,203	1,710 – 2,100
		D1	3	1,840	0,246	1,570– 2,050
		D2	3	1,743	0,235	1,370 – 1,960
		D3	3	1,730	0,165	1,570 – 1,900
		D4	3	1,403	0,335	1,020 -1,640
	96 h	Do	3	2,870	0,501	2,440– 3,420
		D1	3	2,720	0,346	2,360– 3,050
		D2	3	2,550	0,252	2,260 – 2,720
		D3	3	2,100	0,151	1,980 – 2,270
		D4	3	1,907	0,268	1,620 – 2,150
	120 h	Do	3	3,210	0,269	3,050- 3,520
		D1	3	3,777	0,334	2,550– 3,160
		D2	3	2,653	0,312	2,300 – 2,890
		D3	3	2,437	0,344	2,050 – 2,710
		D4	3	2,093	0,379	2,850 – 2,530

**Tableau 26 :** Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification appliquée dans la comparaison, entre les différentes doses, du nombre moyen de racines ( **NMR**)

obtenus pour chaque temps sur les variété **GTA dur** et **Vitron** soumises au fongicide **Tilt 250 EC**.

Variétés	Temps	ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P
<b>GTA dur</b>	48 h	4	0,035	0,72	<b>0,599 N.S</b>
	72 h	4	0,050	1,05	<b>0,430 N.S</b>
	96 h	4	0,121	2,09	<b>0,157 N.S</b>
	120 h	4	0,079	0,53	<b>0,717 N.S</b>
<b>Vitron</b>	48 h	4	0,020	0,23	<b>0,914 N.S</b>
	72 h	4	0,121	1,75	<b>0,215 N.S</b>
	96 h	4	0,506	4,79	<b>0,020 N.S</b>
	120 h	4	0,513	4,72	<b>0,021 N.S</b>

N.S. = pas de différences significative ( $p > \alpha = 0,05$ )

\* = existe des différences significatives ( $p \leq \alpha = 0,05$ )

\*\* = existe des différences hautement significatives ( $p \leq \alpha = 0,01$ )

\*\*\* = existe des différences très hautement significatives ( $p \leq \alpha = 0,001$ )

ddl = degré de liberté

CM = carré moyen

P = probabilité

Fobs = valeur observée de la variable F de FISHER

**Tableau 27** : Résultats du test t de **STUDENT** pour échantillons indépendants, appliqué pour comparer, entre les deux variétés **GTA dur** et **Vitron**, le nombre moyen des racines (**NMR**) obtenus pour chaque dose du fongicide **Tilt 250 EC** et pour différents temps

Temps	Doses	Variétés	Moyennes	T <sub>obs</sub>	P
48 h	Do	V1	1,463	0,37	0,729 N.S
		V2	1,520		
	D1	V1	1,333	0,38	0,725 N.S
		V2	1,410		
	D2	V1	1,253	0,51	0,634 N.S
		V2	1,407		
	D3	V1	1,223	0,79	0,474 N.S
		V2	1,377		
	D4	V1	1,193	0,50	0,642 N.S
		V2	1,290		
72 h	Do	V1	1,833	0,87	0,431 N.S
		V2	1,937		
	D1	V1	1,873	0,22	0,836 N.S
		V2	1,840		
	D2	V1	1,747	0,01	0,990 N.S
		V2	1,743		
	D3	V1	1,727	0,02	0,986 N.S
		V2	1,730		
	D4	V1	1,540	0,53	0,624 N.S
		V2	1,403		
96 h	Do	V1	2,583	0,90	0,417 N.S
		V2	2,850		
	D1	V1	2,190	2,49	0,068 N.S
		V2	2,720		
	D2	V1	2,130	2,49	0,068 N.S
		V2	2,550		
	D3	V1	2,123	0,10	0,927 N.S
		V2	2,100		
	D4	V1	2,110	0,99	0,377 N.S
		V2	1,907		
120 h	Do	V1	2,873	0,94	0,401 N.S
		V2	3,210		
	D1	V1	2,680	0,44	0,686 N.S
		V2	2,777		
	D2	V1	2,573	0,24	0,823 N.S
		V2	2,653		
	D3	V1	2,500	0,23	0,832 N.S
		V2	2,437		
	D4	V1	2,477	1,56	0,194 N.S
		V2	2,093		

**Tableau 28** : Résultats du test de **FRIEDMAN** de la comparaison, entre les quatre temps, de l'identité du nombre moyen des racines (**NMR**) obtenu pour chacune des cinq doses du fongicide **Tilt 250 EC** appliqué sur chacune des deux variétés **GTA dur** et **Vitron**.

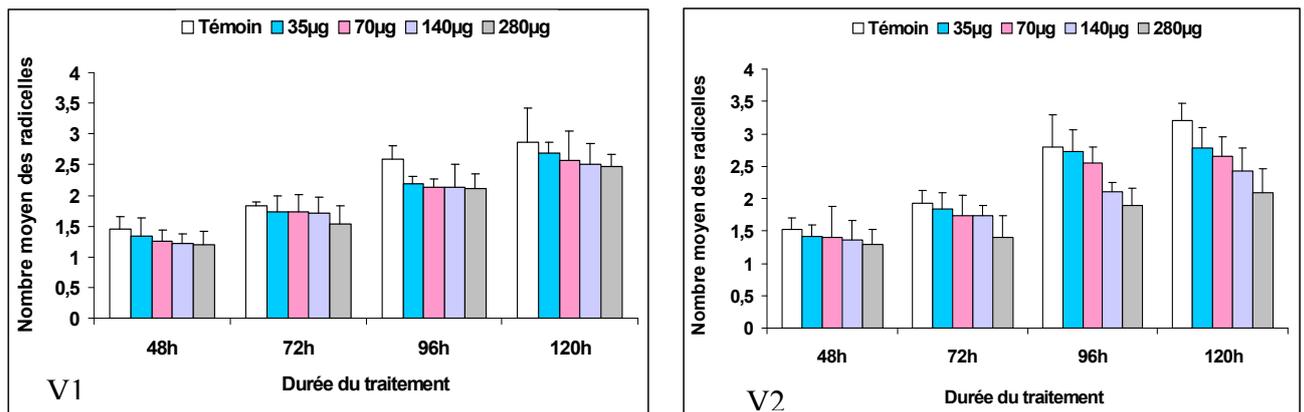
Doses	Variété GTA dur			Variété Vitron		
	dd	$X^2_{obs}$	P	dd	$X^2_{obs}$	P
<b>D<sub>0</sub></b>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	<b>0,029 *</b>
<b>D<sub>1</sub></b>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	<b>0,029 *</b>
<b>D<sub>2</sub></b>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	<b>0,029 *</b>
<b>D<sub>3</sub></b>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	<b>0,029*</b>
<b>D<sub>4</sub></b>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	<b>0,029 *</b>

ddl = degrés de liberté

$X^2_{obs}$  = valeur observée de la variable  $X^2$  du test de FRIEDMAN

P = probabilité

La représentation graphique des résultats statistiques obtenus dans le cas du traitement des deux variétés **GTA dur** et **Vitron** est illustrée sur la Figure 17.



**Figure 17.** Effets des quatre doses de Tilt 250 EC sur le nombre moyen des radicelles de GTA dur (V1) et Vitron (V2). ( $m \pm s$ ;  $n = 3$ ).

### E. Nombre moyen de feuilles (N.M.F.).

Les paramètres statistiques calculés par dose et par variété de blé et par fongicide, sur le nombre moyen de feuilles (**N.M.F.**), sont présentés par le Tableau (29).

L'analyse des résultats du tableau en question ne présente aucune particularité quant aux moyennes ( $\bar{x}$ ) ou aux dispersions ( $s$ )

Les comparaisons, entre doses, par l'analyse de la variance ne donnent aucune différence significative pour les deux variétés de blé dans le cas du fongicide **Tilt 250 EC** ; alors qu'il existe des différences justes significatives pour la variété **Vitron** dans le cas du fongicide **Flamenco SC** (Tableau 30).

Le test t de **STUDENT** présente des différences significatives, entre les deux variétés, pour les doses  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  et  $D_4$  dans le cas du **Flamenco SC**, et n'indique aucune différence significative pour le fongicide **Tilt 250 EC** (Tableau 31).

**Tableau 29 :** Paramètres statistiques de base du nombre moyen des feuilles (NMF) par dose, par fongicide et par variété de *T. durum*.

Fongicides	Variétés	doses	n	x	s	$X_{\min} - X_{\max}$	
Flamenco SC	GTA dur	D <sub>0</sub>	3	0,650	0,0608	0,6100 – 0,7200	
		D <sub>1</sub>	3	0	0,0656	0,5400 – 0,6700	
		D <sub>2</sub>	3	0,610	0,0500	0,5200 – 0,6200	
		D <sub>3</sub>	3	0	0,0361	0,5000 – 0,5700	
		D <sub>4</sub>	3	0,570	0,0643	0,4500 – 0,5700	
					0		
					0,530		
				0			
				0,523			
				0			
	Vitron	D <sub>0</sub>	3	0,536	0,0765	0,4700 – 0,6200	
		D <sub>1</sub>	3	7	0,0656	0,4000 – 0,5300	
		D <sub>2</sub>	3	0,460	0,0361	0,4000 – 0,4700	
		D <sub>3</sub>	3	0	0,0611	0,3200 – 0,4400	
D <sub>4</sub>		3	0,440	0,0462	0,3200 – 0,4000		
				0			
				0,386			
			7				
			0,373				
			3				
Tilt 250 EC	GTA dur	D <sub>0</sub>	3	0,560	0,0872	0,5000 – 0,6600	
		D <sub>1</sub>	3	0	0,0874	0,4500 – 0,6200	
		D <sub>2</sub>	3	0,523	0,0971	0,3600 – 0,5500	
		D <sub>3</sub>	3	3	0,1012	0,3100 – 0,4900	
		D <sub>4</sub>	3	0,443	0,0814	0,3000 – 0,4500	
					3		
					0,373		
				3			
				0,356			
				7			
	Vitron	D <sub>0</sub>	3	0,510	0,0954	0,4100 – 0,6000	
		D <sub>1</sub>	3	0	0,0723	0,4400 – 0,5700	
		D <sub>2</sub>	3	0,486	0,1041	0,3200 – 0,5200	
		D <sub>3</sub>	3	7	0,0902	0,3200 – 0,5000	
D <sub>4</sub>		3	0,403	0,0808	0,3100 – 0,4700		
				3			
				0,406			
			7				

				0,383		
				3		

DO: Témoin D1: 28, 36 µg D2: 56, 72 µg D3: 113, 44µg D4: 226, 88µg

n = effectif de l'échantillon  
x = moyenne arithmétique de l'échantillon  
s = écart type de l'échantillon  
 $X_{\min}$  = valeur minimale de l'échantillon  
 $X_{\max}$  = valeur maximale de l'échantillon

**Tableau 30** : Résultats de l'analyse de la variance de la comparaison du nombre moyen des feuilles (NMF) obtenu, entre doses, pour chacun des deux fongicides appliqués à chacune des deux variétés de *T. durum*.

Fongicides	Variétés	Paramètres statistiques			
		ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P
Flamenco SC	V1	4	0,00867	2,72	0,091 N.S.
	V2	4	0,01277	3,69	0,043 *
Tilt 250 EC	V1	4	0,02408	2,90	0,078N.S.
	V2	4	0,00954	1,20	0,370N.S.

V1 = GTA dur  
V2= Variété Vitron

ddl = degré de liberté  
CM = carré moyen  
P = probabilité  
F<sub>obs</sub> = valeur observée de la variable de Fisher

**Tableau 31** : Test t de **STUDENT** de la comparaison du nombre moyen des feuilles (**NMF**) obtenu, entre les deux variétés, pour les mêmes doses du même fongicide.

Fongicides	Variétés	doses	Paramètres statistiques			
			Moyennes	T <sub>obs</sub>	P	
Flamenco SC	V1	D <sub>0</sub>	0,6500	2,01	0,115 N.S.	
	V2	D <sub>0</sub>	0,5367			
	V1	D <sub>1</sub>	0,6100	2,80	0,049 *	
	V2	D <sub>1</sub>	0,4600			
	V1	D <sub>2</sub>	0,5700	3,65	0,022 *	
	V2	D <sub>2</sub>	0,4400			
	V1	D <sub>3</sub>	0,5300	3,50	0,025 *	
	V2	D <sub>3</sub>	0,3867			
	V1	D <sub>4</sub>	0,5233	3,28	0,030 *	
	V2	D <sub>4</sub>	0,3733			
	Tilt 250 EC	V1	D <sub>0</sub>	0,5600	0,67	0,539 N.S.
		V2	D <sub>0</sub>	0,5100		
V1		D <sub>1</sub>	0,5233	0,56	0,605 N.S.	
V2		D <sub>1</sub>	0,4867			
V1		D <sub>2</sub>	0,4433	0,49	0,652 N.S.	
V2		D <sub>2</sub>	0,403			
V1		D <sub>3</sub>	0,373	0,43	0,692 N.S.	
V2		D <sub>3</sub>	0,4067			
V1		D <sub>4</sub>	0,3567	0,40	0,708 N.S.	
V2		D <sub>4</sub>	0,3833			

V1= Variété GTA dur

V2= Variété Vitron

DO: Témoin

D1: 28, 36 µg

D2: 56, 72 µg

D3: 113, 44 µg

T<sub>obs</sub> = valeur observée de

la variable t de

STUDENT

P = probabilité

**Tableau 32** : Résultats du test de **FRIEDMAN** de la comparaison, entre les quatre temps, de l'identité des longueurs moyennes des tigelles (NMF) obtenues pour chacune des cinq doses du fongicide **Tilt 250 EC** appliqué sur chacune des deux variétés **GTA dur** et **Vitron** de *T. durum*.

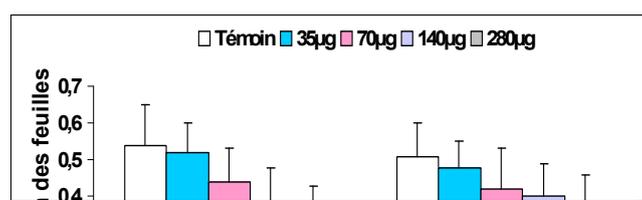
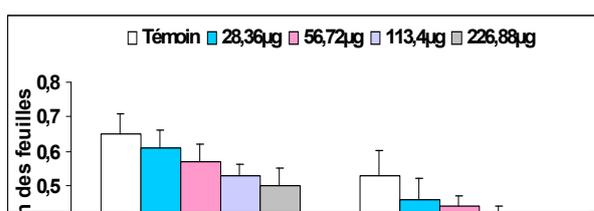
Doses	Variété GTA dur			Variété Vitron		
	ddl	X <sup>2</sup> <sub>obs</sub>	P	ddl	X <sup>2</sup> <sub>obs</sub>	P
D <sub>0</sub>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	0,029 *
D <sub>1</sub>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	0,029 *
D <sub>2</sub>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	0,029 *
D <sub>3</sub>	3	9,00	0,029 *	3	9,00	0,029 *
D <sub>4</sub>	3	9,00	0,029*	3	9,00	0,029 *

ddl = degrés de liberté

X<sup>2</sup><sub>obs</sub> = valeur observée de la variable X<sup>2</sup> du test de FRIEDMAN

P = probabilité

La représentation graphique des résultats statistiques obtenus dans le cas du traitement des deux variétés **GTA dur** et **Vitron** est illustrée sur les Figures (18, 29).



**Figure 18.** Effets des quatre doses de **Flamenco SC** sur le nombre moyen de feuilles de **GTA dur** et **Vitron**. ( $m \pm s$ ;  $n = 3$ ).

**Figure 19** Effets des quatre doses de **Tilt 250 EC** sur le nombre moyen de feuilles de **GTA dur** et **Vitron**. ( $m \pm s$ ;  $n = 3$ ).

#### **F. La surface foliaire (S.F.)**

Les paramètres statistiques calculés par dose, par variété de blé et par fongicide figurent dans le Tableau (33). Les moyennes ( $x$ ) de la variété **GTA dur** sont légèrement plus élevées que celles de la variété **Vitron** et ceci pour les deux fongicides. La dispersion des données ( $s$ ) est pratiquement la même pour les deux variétés de blé et pour les deux fongicides.

Le Tableau (34) relatif aux résultats de l'analyse de la variance pour comparer les surfaces moyennes, entre doses, pour chaque variété de blé et pour chaque fongicide indique chaque fois des différences très hautement significatives.

Les valeurs de la probabilité  $P$  du test  $t$  de **STUDENT** du Tableau (35) montrent qu'il existe des différences non significatives, uniquement pour les doses  $D_0$  et  $D_3$ , entre les deux variétés de blé dur pour le fongicide **Flamenco SC**. Par contre, dans le cas du fongicide **Tilt 250 EC**, il existe chaque fois des différences très hautement significatives (tableau 36).

**Tableau 33 :** Paramètres statistiques de base obtenue sur la **surface foliaire (SF)** par dose, par fongicide et par variété de *T. durum*.

Fongicides	Variétés	doses	n	x	s	X <sub>min</sub> – X <sub>max</sub>	
Flamenco SC	GTA dur	D <sub>0</sub>	3	12,99	0,213	12,812 – 13,230	
		D <sub>1</sub>	3	7	0,103	12,510 – 12,700	
		D <sub>2</sub>	3	12,58	0,357	11,570 – 12,280	
		D <sub>3</sub>	3	2	0,737	10,640 – 12,110	
		D <sub>4</sub>	3	11,34	0,045	2,920– 3,0100	
				0			
				11,34			
			0				
			2,970				
			0				
		Vitron	D <sub>0</sub>	3	13,90	0,790	13,100 – 14,680
			D <sub>1</sub>	3	3	0,318	11,590 – 12,200
			D <sub>2</sub>	3	11,84	0,306	10,520 – 11,140
			D <sub>3</sub>	3	3	0,275	10,530 – 11,080
	D <sub>4</sub>		3	10,85	0,431	8,290 – 9,130	
			0				
			10,81				

				3		
				8,767		
<b>Tilt 250 EC</b>	GTA dur	D <sub>0</sub>	3	11,76	0,130	11,630 – 11,890
		D <sub>1</sub>	3	0	0,075	11,350 – 11,480
		D <sub>2</sub>	3	11,43	0,145	11,270 – 11,560
		D <sub>3</sub>	3	7	0,080	9,320– 9,480
		D <sub>4</sub>	3	11,41	0,125	7,550– 7,800
				0		
				9,396		
				7,670		
	Vitron	D <sub>0</sub>	3	10,35	0,110	10,280 – 10,480
		D <sub>1</sub>	3	3	0,011	9,130– 9,150
D <sub>2</sub>		3	9,136	0,090	8,770– 8,950	
D <sub>3</sub>		3	8,856	0,110	6,290– 6,510	
D <sub>4</sub>		3	6,396	0,025	3,000– 3,050	
			3,023			

DO: Témoin  
D1: 28, 36 µg  
D2 : 56,72 µg  
D3:113, 44µg  
D4 : 226,88 µg

n = effectif de l'échantillon  
x = moyenne arithmétique de l'échantillon  
s = écart type de l'échantillon  
x<sub>min</sub> = valeur minimale de l'échantillon  
x<sub>max</sub> = valeur maximale de l'échantillon

**Tableau 34** : Résultats de l'analyse de la variance de la comparaison de la **surface foliaire (SF)** obtenu, entre doses, pour chacun des fongicides appliqué à chacune des deux variétés de *T. durum*.

Fongicides	Variétés	Paramètres statistiques			
		ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P

<b>Flamenco SC</b>	V1	4	52,385	359,10	<b>0,000 ***</b>
	V2	4	10,432	48,24	<b>0,000 ***</b>
<b>Tilt 250 EC</b>	V1	4	92,870	706,05	<b>0,000 ***</b>
	V2	4	25,428	3833,41	<b>0,000 ***</b>

V1= Variété GTA dur  
V2= Variété Vitron

ddl = degré de liberté  
CM = carré moyen  
P = probabilité  
F<sub>obs</sub> = valeur observée de la variable F  
de FISHER

**Tableau 35** : Test t de **STUDENT** de la comparaison de la surface foliaire (**SF**) obtenu, entre les deux variétés, pour les mêmes doses du même fongicide.

<b>Fongicides</b>	<b>Variétés</b>	<b>doses</b>	<b>Paramètres statistiques</b>		
			Moyennes	T <sub>obs</sub>	P

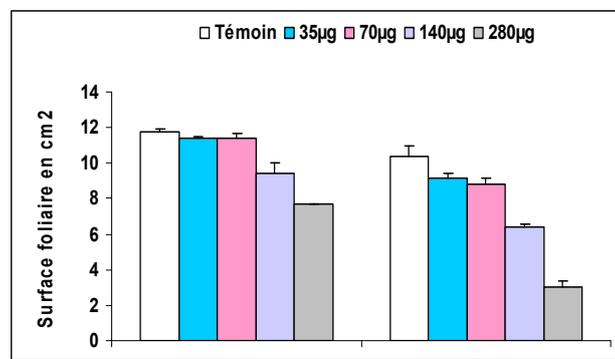
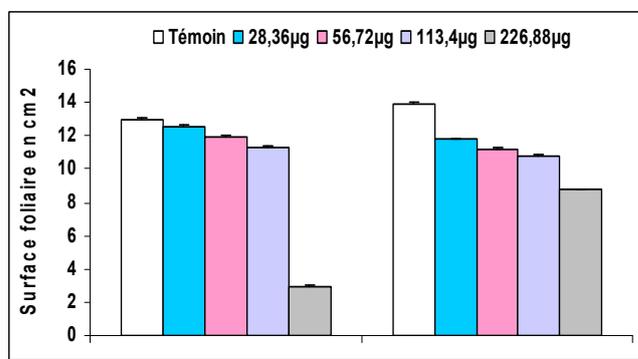
<b>Flamenco SC</b>	V1	D <sub>0</sub>	12,997	1,92	<b>0,128 N.S</b>	
	V2	D <sub>0</sub>	13,903			
	V1	D <sub>1</sub>	12,582	3,83	<b>0,019 *</b>	
	V2	D <sub>1</sub>	11,842			
	V1	D <sub>2</sub>	11,903	3,88	<b>0,018 *</b>	
	V2	D <sub>2</sub>	10,850			
	V1	D <sub>3</sub>	11,340	1,16	<b>0,311 NS</b>	
	V2	D <sub>3</sub>	10,813			
	V1	D <sub>4</sub>	2,970	23,15	<b>0,000 ***</b>	
	V2	D <sub>4</sub>	8,767			
	<b>Tilt 250 EC</b>	V1	D <sub>0</sub>	11,760	14,30	<b>0,000 ***</b>
		V2	D <sub>0</sub>	10,353		
V1		D <sub>1</sub>	11,436	52,46	<b>0,000 ***</b>	
V2		D <sub>1</sub>	9,136			
V1		D <sub>2</sub>	11,410	25,87	<b>0,000 ***</b>	
V2		D <sub>2</sub>	8,856			
V1		D <sub>3</sub>	9,396	38,13	<b>0,000 ***</b>	
V2		D <sub>3</sub>	6,397			
V1		V <sub>1</sub>	7,670	62,97	<b>0,000 ***</b>	
V2		V <sub>2</sub>	3,023			

V1= Variété GTA dur  
V2= Variété Vitron

DO: Témoin  
D1: 28, 36 µg  
D2: 56, 72 µg  
D3: 113, 44 µg

T<sub>obs</sub> = valeur observée de la  
variable t de STUDENT  
P = probabilité

La représentation graphique des résultats statistiques obtenus dans le cas du traitement des deux variétés **GTA dur** et **Vitron** est illustrée sur les Figures 20, 21.



**Figure 20.** Effets des quatre doses de Flamenco SC sur la surface foliaire de GTA dur (V1) et Vitron (V2). ( $m \pm s$ ;  $n = 3$ ).

**Figure 21.** Effets des quatre doses de Tilt 250 EC sur la surface foliaire de GTA dur (V1) et Vitron (V2). ( $m \pm s$ ;  $n = 3$ ).

### G. Le pourcentage de germination (P.G.)

Le Tableau (36) présente les paramètres statistiques de base calculés par dose, par variété de blé dur et par fongicide sur le pourcentage de germination (**P.G.**).

La comparaison des moyennes à l'aide du test d'analyse de la variance (Tableau 37) indique l'existence de différences hautement à très hautement significatives, entre doses, pour chacune des deux variétés de blé dur et pour chaque fongicide étudié.

Par ailleurs, le test t de **STUDENT** présente des différences significatives, entre variétés, justes pour la dose  $D_4$  au niveau du fongicide **Flamenco SC**.

Alors qu'il existe des différences significatives pour les doses  $D_0$ ,  $D_1$  et  $D_4$  pour le fongicide **Tilt 250 EC** (Tableau 38).

**Tableau 36 :** Paramètres statistiques de base du pourcentage de germination (**PG**) par dose ( $\mu g$ ), par fongicide et par variété de *T. durum*.

<b>Fongicides</b>	<b>Variétés</b>	<b>doses</b>	<b>n</b>	<b>x</b>	<b>s</b>	<b>X<sub>min</sub> – X<sub>max</sub></b>	
<b>Flamenco SC</b>	GTA dur	D <sub>0</sub>	3	90,83	1,443	90,000 – 92,500	
		D <sub>1</sub>	3	3	2,50	82,50 – 87,50	
		D <sub>2</sub>	3	85,00	2,60	82,50 – 87,00	
		D <sub>3</sub>	3	84,00	1,443	82,5000 – 85,000	
		D <sub>4</sub>	3	83,33	1,607	80,000 – 83,000	
	Vitron	D <sub>0</sub>	3	3	81,83		
		D <sub>1</sub>	3	91,16	1,041	90,000 – 92,000	
		D <sub>2</sub>	3	7	2,19	86,21 – 90,00	
		D <sub>3</sub>	3	88,74	3,58	82,50 – 88,70	
		D <sub>4</sub>	3	84,57	2,89	77,50 – 82,50	
<b>Tilt 250 EC</b>	GTA dur	D <sub>0</sub>	3	79,17	2,60	73,00 – 77,50	
		D <sub>1</sub>	3	76,00			
		D <sub>2</sub>	3	92,07	1,79	90,00 – 93,20	
		D <sub>3</sub>	3	85,83	1,443	85,000 – 87,500	
		D <sub>4</sub>	3	3	1,323	85,500 – 85,000	
	Vitron	D <sub>0</sub>	3	83,50	0,866	81,000 – 82,500	
		D <sub>1</sub>	3	0	1,443	80,000 – 82,500	
		D <sub>2</sub>	3	82,00			
		D <sub>3</sub>	3	0			
		D <sub>4</sub>	3	80,83			
GTA dur	D <sub>0</sub>	3	3	96,33	1,528	95,000 – 98,000	
	D <sub>1</sub>	3	3	3	1,528	98,000 – 92,000	
	D <sub>2</sub>	3	80,33	1,443	82,500 – 85,000		
	D <sub>3</sub>	3	3	1,443	80,000 – 82,500		
	D <sub>4</sub>	3	83,33	1,443	72,500 – 75,000		
			3				
			81,66				
Vitron			7				
			74,16				
			7				

**Tableau 37** : Résultats de l'analyse de la variance de la comparaison du pourcentage de germination (**PG**) obtenu, entre doses, pour chacun des fongicides appliqués à chacune des deux variétés de *T. durum*.

Fongicides	Variétés	Paramètres statistiques			
		ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P
Flamenco SC	V1	4	35,87	9,08	<b>0,002 **</b>
	V2	4	121,09	17,93	<b>0,000 ***</b>
Tilt 250 EC	V1	4	59,34	30,03	<b>0,000 ***</b>
	V2	4	216,00	98,93	<b>0,000 ***</b>

V1= Variété GTA dur -

V2= Variété Vitron

ddl = degré de liberté

CM = carré moyen

P = probabilité

F<sub>obs</sub> = valeur observée de la variable F de FISHER

**Tableau 38** : Test t de **STUDENT** de la comparaison du pourcentage de germination (**PG**) obtenu, entre les deux variétés, pour les mêmes doses du même fongicide.

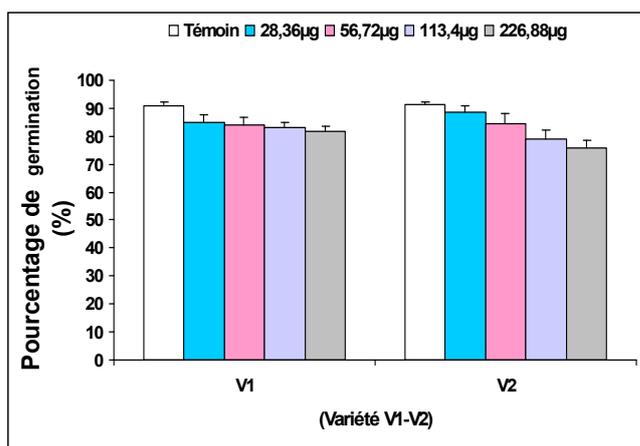
Fongicides	Variétés	doses	Paramètres statistiques		
			Moyennes	T <sub>obs</sub>	P
Flamenco SC	V1	D <sub>0</sub>	90,83	0,32	<b>0,762 N.S</b>
	V2	D <sub>0</sub>	91,17		
	V1	D <sub>1</sub>	95,00	1,95	<b>0,123 N.S</b>
	V2	D <sub>1</sub>	88,74		
	V1	D <sub>2</sub>	84,00	0,22	<b>0,835 N.S</b>
	V2	D <sub>2</sub>	84257		
	V1	D <sub>3</sub>	83,33	2,24	<b>0,089 N.S</b>
	V2	D <sub>3</sub>	79,17		
V1	D <sub>4</sub>	81,83	3,31	<b>0,030 *</b>	
V2	D <sub>4</sub>	76,00			
Tilt 250 EC	V1	D <sub>0</sub>	92,07	3,14	<b>0,035 *</b>
	V2	D <sub>0</sub>	96,33		
	V1	D <sub>1</sub>	85,83	3,71	<b>0,021 *</b>
	V2	D <sub>1</sub>	90,33		
	V1	D <sub>2</sub>	83,50	0,15	<b>0,890 N.S</b>
	V2	D <sub>2</sub>	83,33		
	V1	D <sub>3</sub>	82,00	0,34	<b>0,749 N.S</b>
	V2	D <sub>3</sub>	81,67		
V1	D <sub>4</sub>	80,83	5,66	<b>0,005 N.S</b>	
V2	D <sub>4</sub>	74,17			

V1 : variété GTA dur  
V2 : variété Vitron

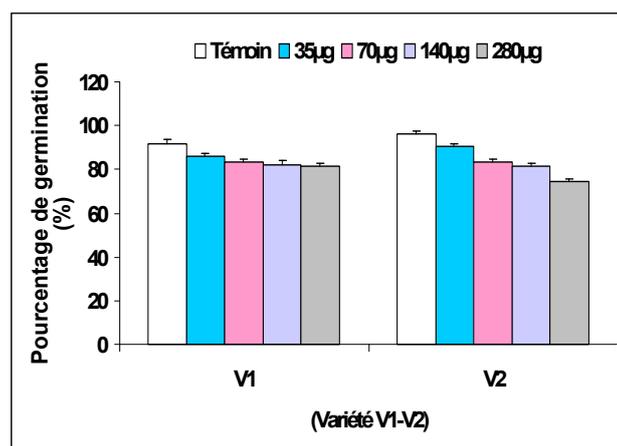
DO: Témoin  
D1: 28, 36 µg  
D2: 56, 72 µg  
D3: 113, 44µg  
D4: 226, 88µg

T<sub>obs</sub> = valeur observée de la variable t de STUDENT-  
P = probabilité

La représentation graphique des résultats statistiques obtenus dans le cas du traitement des deux variétés **GTA dur** et **Vitron** est illustrée sur les Figure 22.23



**Figure 22.** Effets des quatre doses de Flamenco SC sur le pourcentage de germination de GTA dur (V1) et Vitron (V2). ( $m \pm s$ ;  $n = 3$ ).



**Figure 23.** Effets des quatre doses de Tilt 250 EC sur le pourcentage de germination de GTA dur (V1) et Vitron (V2). ( $m \pm s$ ;  $n = 3$ ).

## H. Le métabolisme respiratoire (M.R).

### 1. Traitement par le fongicide flamenco SC

Le Tableau (39), contient les valeurs des paramètres statistiques calculés de l'intensité respiratoire pour le traitement du fongicide **Flamenco SC**. Ces paramètres sont obtenus par dose, par variété de blé dur et par temps d'étude. Les résultats de l'analyse de la variance du Tableau (40), relatifs à la comparaison, entre doses du fongicide **Flamenco SC**, indiquent qu'il n'existe pas de différences significatives pour tous les temps chez le blé dur **GTA dur** ; alors qu'il existe des différences très hautement significatives uniquement pour la période 120 h chez la variété **Vitron**.

Par ailleurs, la comparaison, entre temps, de l'activité respiratoire (**MR**) pour chacune des doses du **Flamenco SC** révèle qu'il existe des différences significatives seulement pour la dose D<sub>3</sub> chez la variété **GTA dur** ; alors que chez la variété **Vitron** il existe des différences significatives à très hautement significatives pour les doses D<sub>0</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> et D<sub>4</sub>. Seule la dose D<sub>1</sub> ne présente pas de différences significatives pour la variété **Vitron**. (Tableau 42).

Cependant, la comparaison des moyennes du (**MR**), entre variétés, pour la même dose et à différents temps ne donne que des différences hautement significatives au niveau de 120 h et pour les doses D<sub>2</sub> et D<sub>4</sub> (Tableau 40). Pour les autres doses et pour les différents temps aucune différence significative entre variétés n'est enregistrée.

**Tableau 39** : Paramètres statistiques de base calculés sur le métabolisme respiratoire (**MR**), obtenu pour chaque dose du fongicide **Flamenco SC** à partir de chacune des deux variétés de *T. durum* et pour différents temps.

Temps	Doses	Variétés et paramètres statistiques							
		GTA dur				Vitron			
		n	x	s	X min-X max	n	x	s	X min X max
48 heures	D <sub>0</sub>	6	335,14	164,8	114,6-583,8	6	288,8	162,6	96,6-525,8
	D <sub>1</sub>	6	227,3	117,3	61,1-384,0	6	266,5	154,0	51,4-486,5
	D <sub>2</sub>	6	255,1	124,4	75,5-408,7	6	161,0	103,0	34,5-278,6
	D <sub>3</sub>	6	180,0	96,3	45,2-238,5	6	155,0	98,8	34,5-285,0
	D <sub>4</sub>	6	312,2	157,0	88,6-522,9	6	231,9	141,0	34,3-423,6
72 heures	D <sub>0</sub>	6	181,4	126,6	24,0-332,5	6	407,0	220,6	114,4-732,7
	D <sub>1</sub>	6	334,0	197,8	68,6-618,1	6	316,3	178,7	86,6-560,9
	D <sub>2</sub>	6	261,5	153,0	45,8-457,9	6	297,9	160,3	68,8-515,2
	D <sub>3</sub>	6	369,0	176,8	128,7-618,1	6	505	270	160-893
	D <sub>4</sub>	6	228,9	119,3	51,4-360,6	6	388,7	202,4	103,0-675,5
96 heures	D <sub>0</sub>	6	212,2	89,9	83,0-332,9	6	158,2	71,2	57,7-238,6
	D <sub>1</sub>	6	246,9	116,9	60,7-388,5	6	181,4	70,4	63,2-240,4
	D <sub>2</sub>	6	271,7	131,0	86,4-546,1	6	229,4	99,4	80,8-362,0
	D <sub>3</sub>	6	239,5	113,4	75,2-394,4	6	243,6	106,4	91,8-393,9
	D <sub>4</sub>	6	267,7	125,1	93,8-437,7	6	250,2	116,0	85,9-386,5
120 heures	D <sub>0</sub>	6	156,5	73,3	51,3-258,3	6	167,2	115,3	2,2-312,2
	D <sub>1</sub>	6	175,1	48,7	100,6-241,6	6	183,1	73,8	69,6-269,6
	D <sub>2</sub>	6	208,5	99,8	73,9-351,4	6	614	264	255-974
	D <sub>3</sub>	6	170,1	86,3	50,0-294,7	6	307,8	196,1	64,9-591,2
	D <sub>4</sub>	6	225,1	122,1	56,9-385,4	6	866	387	263-1328

DO: Témoin  
D1: 28, 36 µg  
D2: 56, 72 µg  
D3: 113, 44µg  
D4: 226, 88µg

n = effectif de l'échantillon  
x = moyenne arithmétique de l'échantillon  
s = écart type de l'échantillon  
x<sub>min</sub> = valeur minimale de l'échantillon  
x<sub>max</sub> = valeur maximale de l'échantillon

**Tableau 40** : Test t de **STUDENT** de la comparaison, entre variétés, du métabolisme respiratoire moyen, obtenu pour chacune des doses du fongicide **Flamenco SC** et pour chaque temps.

Temps	Doses	Variétés	Paramètres statistiques		
			Moyennes	T <sub>obs</sub>	P
48 heures	Do	V1	335	0,49	<b>0,633 N.S.</b>
		V2	289		
	D1	V1	227	0,50	<b>0,631 N.S.</b>
		V2	266		
	D2	V1	255	1,43	<b>0,184 N.S.</b>
		V2	161		
	D3	V1	180,0	0,44	<b>0,666 N.S.</b>
		V2	155,0		
D4	V1	312	0,93	<b>0,374 N.S.</b>	
	V2	232			
72 heures	Do	V1	181	2,18	<b>0,055 N.S.</b>
		V2	407		
	D1	V1	334	0,16	<b>0,872 N.S.</b>
		V2	316		
	D2	V1	261	0,40	<b>0,696 N.S.</b>
		V2	298		
	D3	V1	369	1,03	<b>0,328 N.S.</b>
		V2	505		
D4	V1	229	1,67	<b>0,127 N.S.</b>	
	V2	389			
96 heures	Do	V1	212,2	1,15	<b>0,275 N.S.</b>
		V2	158,2		
	D1	V1	247	1,18	<b>0,267 N.S.</b>
		V2	181,4		
	D2	V1	272	0,63	<b>0,542 N.S.</b>
		V2	229,4		
	D3	V1	239	0,07	<b>0,949 N.S.</b>
		V2	144		
D4	V1	268	0,25	<b>0,807 N.S.</b>	
	V2	250			
120heures	Do	V1	156,5	0,19	<b>0,852 N.S.</b>
		V2	167		
	D1	V1	175,1	0,22	<b>0,829 N.S.</b>
		V2	183,1		
	D2	V1	208,5	3,51	<b>0,006 **</b>
		V2			

		V2	614		
	D3	V1	170,1	1,58	<b>0,145 N.S.</b>
		V2	308		
	D4	V1	225	3,83	<b>0,003 **</b>
		V2	866		

**Tableau 41** : Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification de la comparaison, entre doses du fongicide **Flamenco SC**, du métabolisme respiratoire moyen obtenu, pour chaque temps et pour chacune des deux variétés de *T. durum*.

Temps	Variétés et paramètres statistiques							
	GTA dur				Vitron			
	ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P	ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P
<b>48 heures</b>	4	23808	1,32	0,291 N.S	4	22128	1,22	<b>0,326 N.S</b>
<b>72 heures</b>	4	35105	1,42	2,258 N.S	4	40605	0,92	<b>0,467 N.S</b>
<b>96 heures</b>	4	3452	0,26	0,903 N.S	4	9885	1,11	<b>0,376 N.S</b>
<b>120 heures</b>	4	4903	0,61	0,658 N.S	4	552815	9,99	<b>0,000 ***</b>

ddl = degré de liberté

CM = carré moyen

P = probabilité

F<sub>obs</sub> = valeur observée de la variable F de FISHER.

**Tableau 42** : Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification de la comparaison, entre temps, du métabolisme respiratoire moyen obtenu, pour chacune des doses du fongicide **Flamenco SC** et pour chacune des deux variétés de *T. durum*.

Doses	Variétés et paramètres statistiques							
	GTA dur				Vitron			
	ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P	ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P
<b>D<sub>0</sub></b>	3	37762	2,67	0,075 N.S	3	82656	3,54	<b>0,033*</b>
<b>D<sub>1</sub></b>	3	26336	1,53	0,238 N.S	3	26312	1,59	<b>0,222 N.S</b>
<b>D<sub>2</sub></b>	3	4699	0,28	0,836 N.S	3	240259	8,28	<b>0,001 ***</b>
<b>D<sub>3</sub></b>	3	50226	3,30	0,041 *	3	132163	4,00	<b>0,022 *</b>
<b>D<sub>4</sub></b>	3	9907	0,57	0,641 N.S	3	5262,05	9,38	<b>0,000 ***</b>

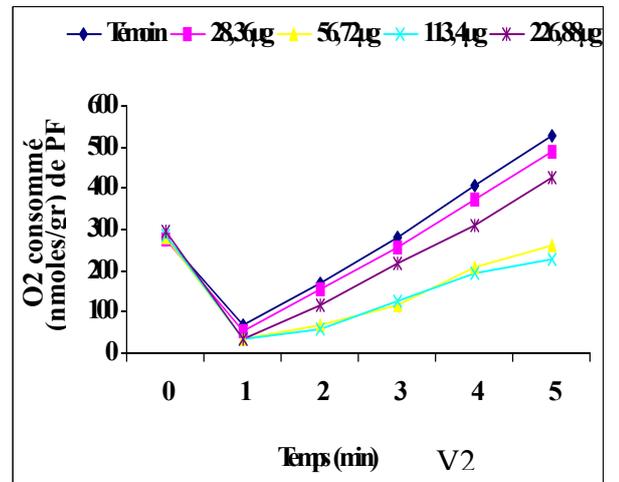
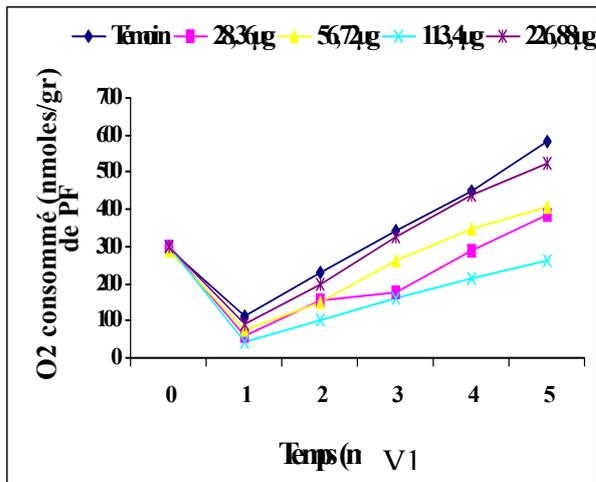
ddl = degré de liberté

CM = carré moyen

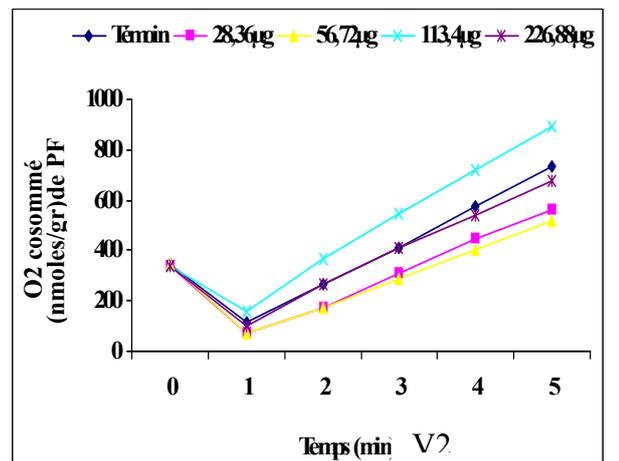
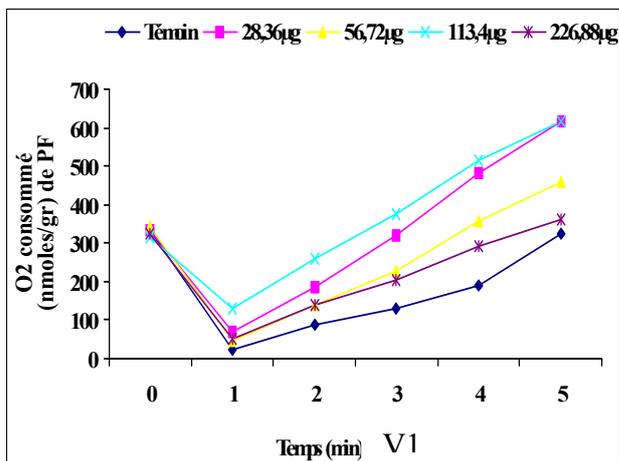
P = probabilité

F<sub>obs</sub> = valeur observée de la variable F de FISHER

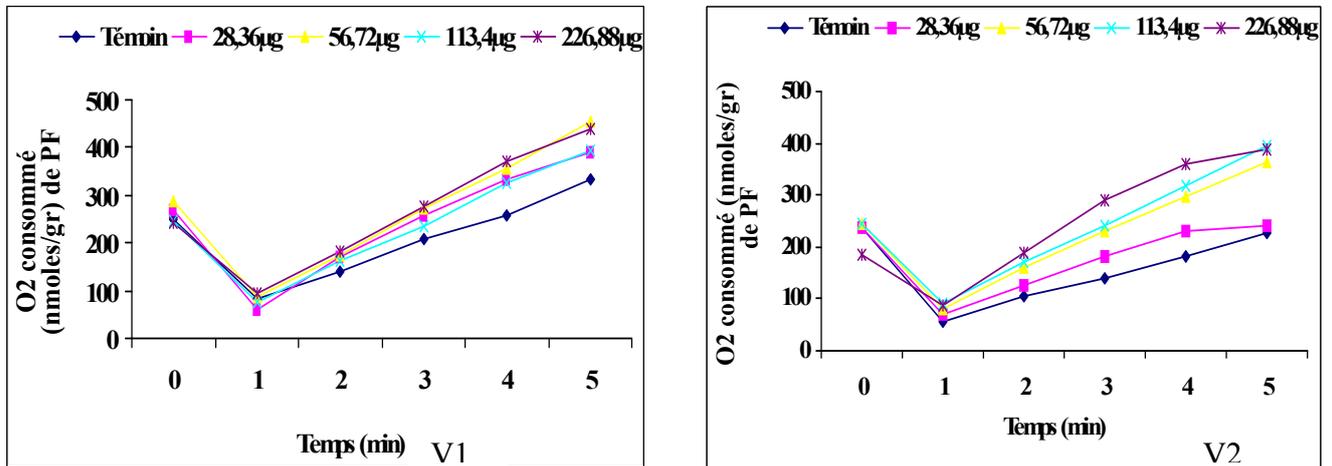
La représentation graphique des résultats statistiques obtenus dans le cas du traitement des deux variétés **GTA dur** (V1) et **Vitron** (V2) est illustrée sur les figures 24, 25, 26, 27.



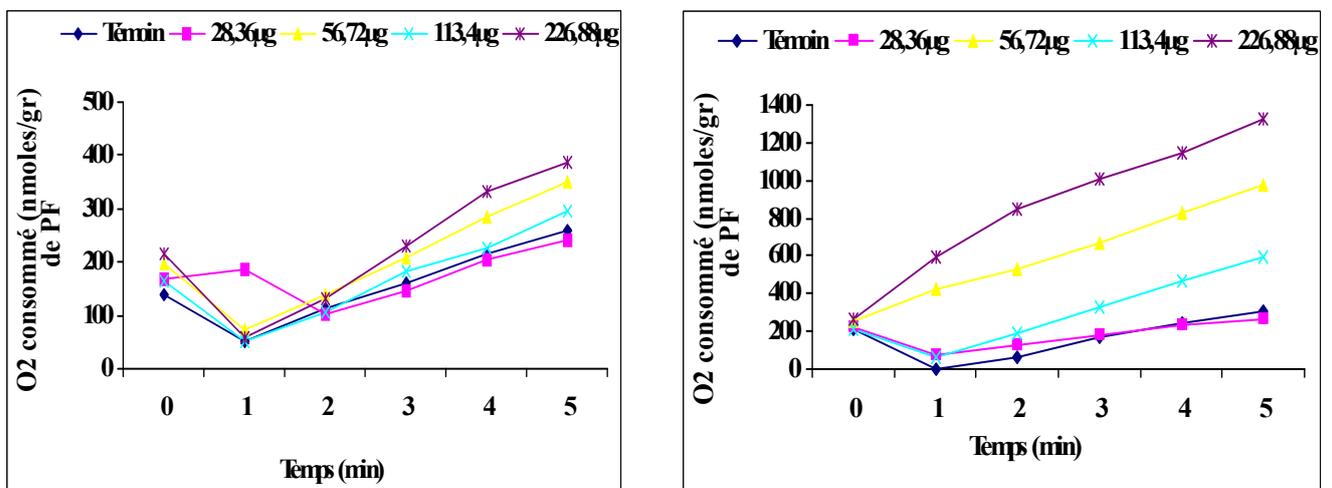
**Figure 24.** Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Flamenco SC sur la consommation en  $\text{O}_2$  (nmol /g de poids frais) chez *T. durum* var : GTA dur (V1) et Vitron (V2) à 48 heures.



**Figure 25.** Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Flamenco SC sur la consommation en  $\text{O}_2$  (nmoles /g de poids frais) chez *T. durum* var : GTA dur (V1) et Vitron (V2) à 72 heures.



**Figure 26.** Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Flamenco SC sur la consommation en  $\text{O}_2$  (nmoles /g de poids frais) chez *T. durum* var : GTA dur (V1) et Vitron (V2) à 96 heures.



**Figure 27.** Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Flamenco SC sur la consommation en  $\text{O}_2$  (nmoles /g de poids frais) chez *T. durum* var : GTA dur (V1) et Vitron (V2) à 120 heures.

heures.

## 2.. Traitement par le fongicide Tilt 250 EC.

Pour ce fongicide, les paramètres statistiques ( $\bar{x}$ ,  $s$ ,  $n$ ,  $x_{\max}$ ,  $x_{\min}$ ) obtenus pour le métabolisme respiratoire et pour les différentes doses du fongicide sont présentés par variétés de *T. durum* et par temps dans le Tableau (43).

Les comparaisons du métabolisme respiratoire (**MR**), **entre doses**, indiquent des différences très hautement significatives pour **GTA dur** à 72 h, et des différences significatives pour **Vitron** à 96 h. Toutes les autres comparaisons ne présentent aucune différence significative entre doses. Les résultats du test d'analyse de la variance figurent au Tableau (44).

Quant à la comparaison, **entre temps**, pour les différentes doses du fongicide, on constate qu'il existe des différences hautement à très hautement significatives pour la variété **GTA dur**, et des différences significatives à hautement significatives pour la variété **Vitron**. Seule la dose  $D_0$  ne donne pas de différences significatives pour **Vitron** (Tableau 45).

Le test t de **STUDENT** utilisé pour comparer, entre variétés de blé dur, le (**MR**) moyen, fait apparaître uniquement au niveau de la dose  $D_0$  et à 72 h et à 96 h des différences hautement significatives. Pour toutes les autres doses et pour les différents temps aucune différence significative n'est signalée (Tableau 46).

**Tableau 43** : Paramètres statistiques de dose calculés sur le métabolisme respiratoire moyen, obtenu pour chaque dose du fongicide **Tilt 250 EC** à partir de chacune des deux variétés de *T. durum* et pour différents temps.

Temps	Doses	Variétés et paramètres statistiques							
		GTA dur				Vitron			
		n	x	s	X min-X max	n	x	s	X min-Xmax
48 heures	D <sub>0</sub>	6	138,4	87,8	25,3-274,3	6	215,3	100,2	63,2-328,7
	D <sub>1</sub>	6	231,0	85,1	101,2-328,7	6	325,2	106,8	75,8-366,5
	D <sub>2</sub>	6	207,7	90,8	75,9-303,5	6	351,3	164,2	126,4-581,6
	D <sub>3</sub>	6	259,5	114,9	101,2-417,2	6	226,1	110,8	63,2-366,7
	D <sub>4</sub>	6	263,7	118,5	88,5-417,3	6	350,4	173,3	113,8-594,2
72 heures	D <sub>0</sub>	6	1244	586	193-1717	6	302,1	164	62,8-528,8
	D <sub>1</sub>	6	281,2	119,9	1006,6-440,7	6	181,3	104,8	45,8-320,7
	D <sub>2</sub>	6	210,1	116,9	50,3-352,6	6	336,9	160,8	114,4-572,4
	D <sub>3</sub>	6	265,7	138,9	63,0-453,4	6	363,8	183,9	103,0-629,4
	D <sub>4</sub>	6	367,5	197,3	100,6-654,6	6	471	247	149-813
96 heures	D <sub>0</sub>	6	1145	548	468-1795	6	146	91,9	11,1-239,2
	D <sub>1</sub>	6	864	508	224-1554	6	967	678	27-1903
	D <sub>2</sub>	6	1133	552	393-1871	6	797	408	246-1381
	D <sub>3</sub>	6	824	464	316-1493	6	622	330	181-1140
	D <sub>4</sub>	6	758	408	291-1344	6	682	378	247-1234
120 heures	D <sub>0</sub>	6	240,4	91,4	117,0-374,2	6	291,6	131,2	154,7-476,1
	D <sub>1</sub>	6	195,6	164,9	15,3-476,8	6	192,6	77,2	88,1-303,7
	D <sub>2</sub>	6	236,8	104,4	113,5-380,4	6	318,5	156,4	149,5-526,0
	D <sub>3</sub>	6	391,6	217,5	122,8-710,4	6	294,9	163,6	123,2-543,9
	D <sub>4</sub>	6	290,1	128,9	152,5-461,7	6	218,1	83,9	95,0-329,0

**Tableau 44** : Test t de **STUDENT** de la comparaison, entre variétés, du métabolisme respiratoire moyen, obtenu pour chacune des doses du fongicide **Tilt 250 EC** et pour chaque temps.

Temps	Doses	Variétés	Paramètres statistiques		
			Moyennes	T <sub>obs</sub>	P
48 heures	Do	V1	138,4	1,41	<b>0,188 N.S</b>
		V2	215		
	D1	V1	231,0	0,07	<b>0,942 N.S</b>
		V2	235		
	D2	V1	207,7	1,87	<b>0,090 N.S</b>
		V2	351		
	D3	V1	259	0,51	<b>0,620 N.S</b>
		V2	226		
	D4	V1	264	1,01	<b>0,336 N.S</b>
		V2	350		
72 heures	Do	V1	1244	0,79	<b>0,004 **</b>
		V2	302		
	D1	V1	281	1,54	<b>0,155 N.S</b>
		V2	181		
	D2	V1	210	1,56	<b>0,148 N.S</b>
		V2	337		
	D3	V1	266	1,04	<b>0,321 N.S</b>
		V2	364		
	D4	V1	368	0,80	<b>0,441 N.S</b>
		V2	471		
96 heures	Do	V1	1145	4,40	<b>0,001 ***</b>
		V2	146,0		
	D1	V1	864	0,30	<b>0,772 N.S</b>
		V2	967		
	D2	V1	1133	1,20	<b>0,258 N.S</b>
		V2	797		
	D3	V1	824	0,87	<b>0,405 N.S</b>
		V2	622		
	D4	V1	758	0,33	<b>0,747 N.S</b>
		V2	682		
120heures	Do	V1	240,4	0,78	<b>0,451 N.S</b>
		V2	292		
	D1	V1	196	0,04	<b>0,969 N.S</b>
		V2	192,6		
	D2	V1	237	1,07	<b>0,312 N.S</b>
		V2			

		V2	319		
	D3	V1	329	0,87	<b>0,405 N.S</b>
		V2	295		
	D4	V1	290	1,15	<b>0,278 N.S</b>
		V2	218,1		

**Tableau 45** : Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification de la comparaison, entre doses du fongicide **Tilt 250 EC**, du métabolisme respiratoire moyen obtenu, pour chaque temps et pour chacune des deux variétés de *T. durum*.

Temps	Variétés et paramètres statistiques							
	GTA dur				Vitron			
	ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P	ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P
<b>48 heures</b>	4	15606	1,55	0,216 N.S	4	28541	1,57	<b>0,212 N.S</b>
<b>72 heures</b>	4	1130702	13,16	0,000 ***	4	65958	2,08	<b>0,113 N.S</b>
<b>96 heures</b>	4	197712	0,79	0,540 N.S	4	566391	3,20	<b>0,030 *</b>
<b>120 heures</b>	4	34038	1,54	0,221 N.S	4	17835	1,10	<b>0,381 N.S</b>

ddl = degré de liberté

CM = carré moyen

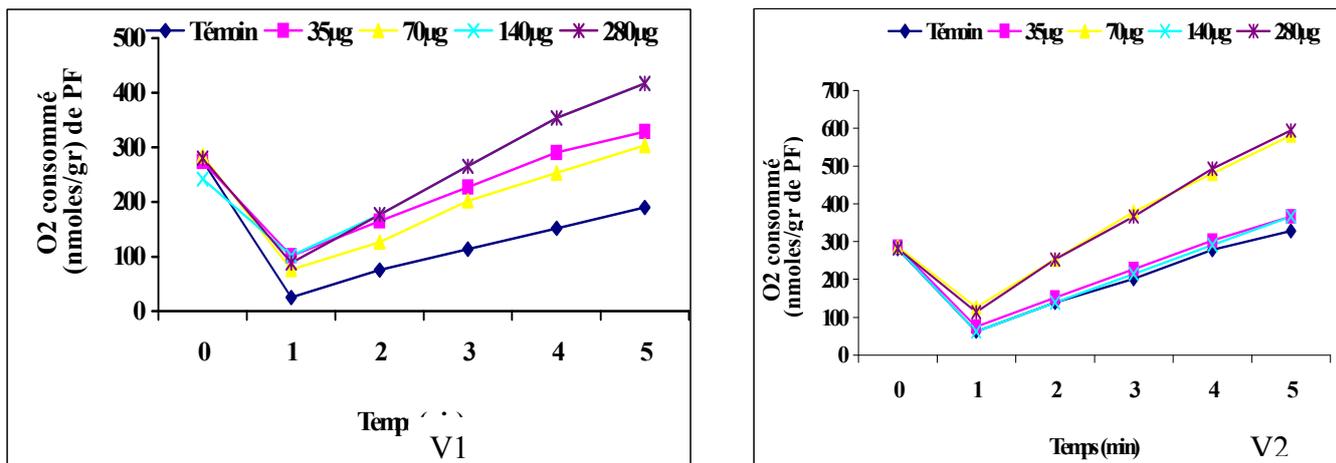
P = probabilité

F<sub>obs</sub> = valeur observée de la variable F de FISHER

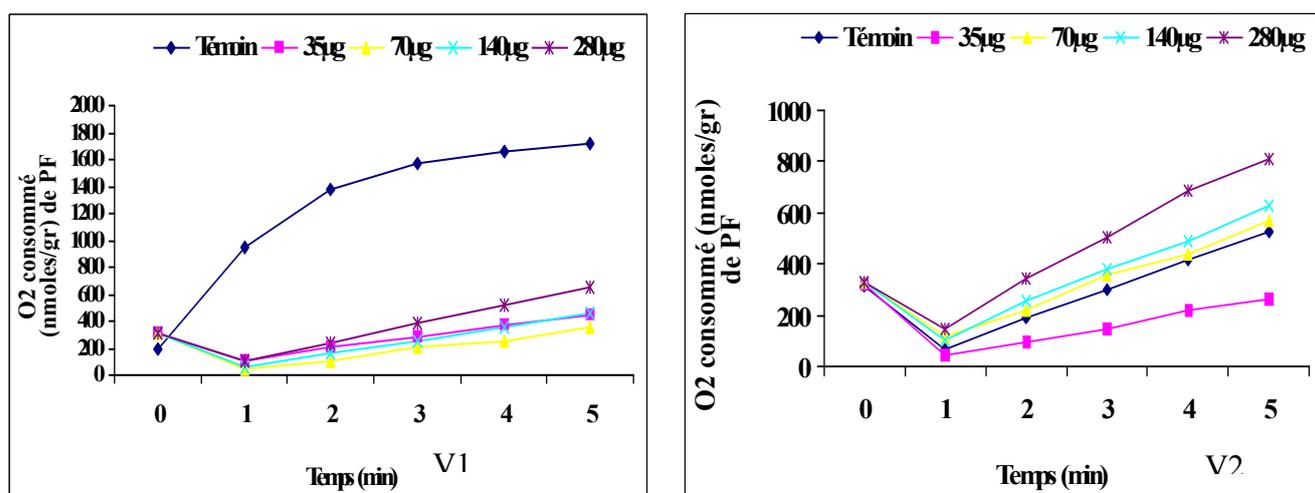
**Tableau 46** : Résultats de l'analyse de la variance à un critère de classification de la comparaison, entre temps, du métabolisme respiratoire moyen obtenu, pour chacune des doses du fongicide **Tilt 250 EC** et pour chacune des deux variétés de blé dur.

Doses	Variétés et paramètres statistiques							
	GTA				Vitron			
	ddl	C M	Fobs	P	ddl	CM	Fobs	P
<b>D<sub>0</sub></b>	3	2040411	12,36	<b>0,000 ***</b>	3	31908	2,04	<b>0,141 N.S</b>
<b>D<sub>1</sub></b>	3	598815	7,81	<b>0,001 ***</b>	3	878459	7,20	<b>0,002 **</b>
<b>D<sub>2</sub></b>	3	1256365	14,89	<b>0,000 ***</b>	3	320370	5,26	<b>0,008 **</b>
<b>D<sub>3</sub></b>	3	425429	5,77	<b>0,005 **</b>	3	179265	3,95	<b>0,023 *</b>
<b>D<sub>4</sub></b>	3	316162	5,36	<b>0,007 **</b>	3	233137	3,87	<b>0,025 *</b>

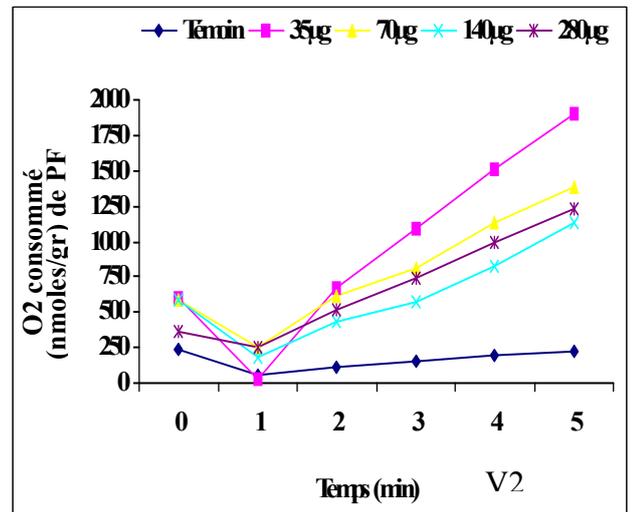
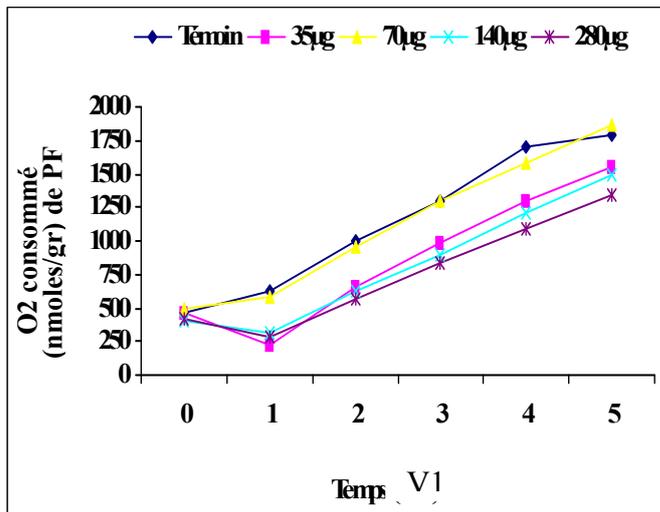
La représentation graphique des résultats statistiques obtenus dans le cas du traitement des deux variétés **GTA dur** (V1) et **Vitron** (V2) est illustrée sur les figure 28, 29, 30, 31.



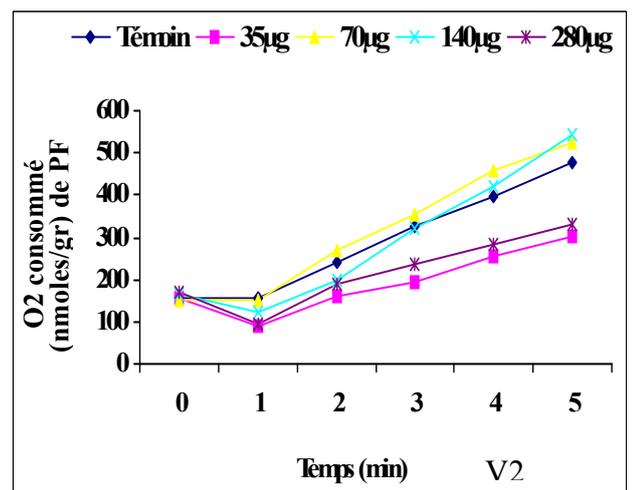
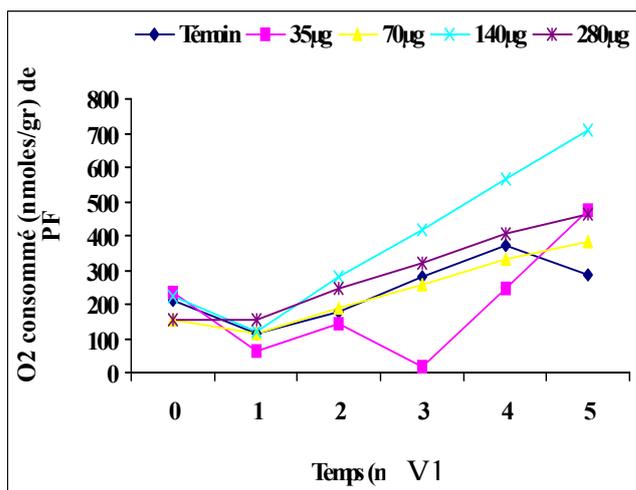
**Figure 28.** Effets des quatre doses (µg) de Tilt 250 EC sur la consommation en O<sub>2</sub> (nmol /g de poids frais) chez *T. durum* var : GTA dur (V1) et Vitron (V2) à 48 heures.



**Figure 29.** Effets des quatre doses (µg) de Tilt 250 EC sur la consommation en O<sub>2</sub> (nmol /g de poids frais) chez *T. durum* var : GTA dur (V1) et Vitron (V2) à 72 heures.



**Figure 30.** Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Tilt 250 EC sur la consommation en  $\text{O}_2$  (nmol /g de poids frais) chez *T. durum* var : GTA dur (V1) et Vitron (V2) à 96 heures.



**Figure 31.** Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Tilt 250 EC sur la consommation en  $\text{O}_2$  (nmol /g de poids frais) chez *T. durum* var : GTA dur (V1) et Vitron (V2) à 120 heures.

## I. les chlorophylles $a$ , $b$ et $a+b$ .

### 1. Traitement par le fongicide Flanenco SC

Pour chacune des trois types de chlorophylles, les paramètres statistiques obtenus sont présentés au Tableau (47). Ils sont calculés par dose et par type de variété de blé dur.

Les valeurs de la probabilité **P** du test d'analyse de la variance du Tableau (48) montre l'existence de différences hautement à très hautement significatives, entre doses, pour chacune des deux variétés de blé dur et pour chaque type de chlorophylle.

L'examen des résultats du test t de **STUDENT** du Tableau (49). Fait apparaître, pour la chl  $a$ , des différences significatives à très hautement significatives, entre variétés, pour toutes les doses du fongicide **Flanenco SC**.

Il en est de même pour la chl  $b$ , excepté pour la dose  $D_4$  ou il n'y a pas de différences significatives.

Pour la chl ( $a + b$ ), seule la dose  $D_2$  indique des différences significatives entre variétés de blé dur.

**Tableau 47** : Paramètres statistiques calculés sur la chlorophylle *a*, la chlorophylle *b* et la chlorophylle (*a+b*) pour chacune des deux variétés de *T. durum*, et pour les différentes doses du fongicide **Flamenco SC**.

Type de chlorophylle	Variétés	doses	n	Paramètres statistiques		
				x	s	X min – X max
Chl <i>a</i>	GTA dur	Do	3	335,28	5,02	330,00 – 340,00
		D1	3	352,77	4,73	347,5 – 356,66
		D2	3	371,11	3,36	367,50 – 374,16
		D3	3	387,50	3,34	384,16 – 390,16
		D4	3	391,22	10,56	379,50 – 400,00
	Vitron	Do	3	382,61	15,66	364,66 – 393,50
		D1	3	393,63	1,60	392,16 – 395,33
		D2	3	396,33	2,81	394,16 – 399,50
		D3	3	405,61	1,83	403,50 – 406,83
		D4	3	408,39	0,84	407,50 – 409,16
Chl <i>b</i>	GTA dur	Do	3	121,66	9,28	113,33 – 131,66
		D1	3	137,22	3,47	133,33 – 140,00
		D2	3	162,22	2,55	160,00 – 165,00
		D3	3	172,77	6,25	166,66 – 179,16
		D4	3	202,38	3,98	199,16 – 206,83
	Vitron	Do	3	83,11	7,36	74,83 – 88,91
		D1	3	105,02	5,42	98,91 – 109,25
		D2	3	120,55	5,29	115,66 – 126,16
		D3	3	146,83	4,25	142,25 – 150,66
		D4	3	199,75	4,55	196,91 – 205,00
Chl ( <i>a+b</i> )	GTA	Do	3	456,94	6,79	449,16 – 461,66
		D1	3	489,99	4,33	487,49 – 494,99
		D2	3	533,33	5,83	527,50 – 539,16
		D3	3	560,27	5,29	554,16 – 563,33
		D4	3	632,9	56,9	599,20 – 697,7
	Vitron	Do	3	465,7	23,0	439,5 – 482,4
		D1	3	498,66	3,86	494,24 – 501,41
		D2	3	518,02	2,96	515,16 – 521,07
		D3	3	552,44	3,20	548,75 – 554,41
		D4	3	608,13	3,82	605,41 – 512,50

DO: Témoin  
D1: 28, 36 µg

n = effectif de l'échantillon  
x = moyenne arithmétique de l'échantillon

D2: 56, 72  $\mu\text{g}$   
 D3: 113, 44  $\mu\text{g}$   
 D4: 226, 88  $\mu\text{g}$

s = écart type de l'échantillon  
 $x_{\min}$  = valeur minimale de l'échantillon  
 $x_{\max}$  = valeur maximale de l'échantillon

**Tableau 48** : Résultats de l'analyse de la variance de la comparaison, entre doses du fongicide **Flamenco SC**, pour chacune des deux variétés de *T. durum*, de la chlorophylle *a*, de la chlorophylle *b* et de la chlorophylle (*a+b*), obtenues au cours des trois essais réalisés.

Types de chlorophylle	Variétés	Paramètres statistiques			
		ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P
<b>Chl a</b>	GTA	4	1673,0	45,05	<b>0,000***</b>
	Vitron	4	316,70	6,10	<b>0,009**</b>
<b>Chl b</b>	GTA	4	2962,7	62,84	<b>0,000***</b>
	Vitron	4	6040,8	200,90	<b>0,000***</b>
<b>Chl (a+b)</b>	GTA	4	13764,0	20,44	<b>0,000***</b>
	Vitron	4	8893,0	77,05	<b>0,000***</b>

ddl = degré de liberté

CM = carré moyen

P = probabilité

F<sub>obs</sub> = valeur observée de la variable F de FISHER

**Tableau 49** : Test t de **STUDENT** de la comparaison, entre les deux variétés de blé dur, pour la même dose du fongicide **Flamenco SC**, de la chlorophylle *a*, de la chlorophylle *b* et de la chlorophylle(*a+b*), obtenues au cours des trois essais réalisés.

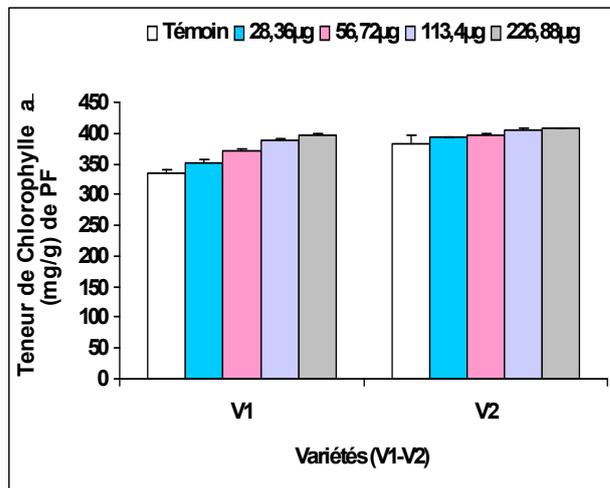
Types de chlorophylle	Variétés	Doses	Paramètres statistiques			
			moyennes	T <sub>obs</sub>	P	
Chl <i>a</i>	V1	Do	335,28	4,98	<b>0,008**</b>	
	V2	Do	382,6			
	V1	D1	352,77	14,16	<b>0,000***</b>	
	V2	D1	393,63			
	V1	D2	371,11	9,97	<b>0,002***</b>	
	V2	D2	396,33			
	V1	D3	387,50	8,24	<b>0,001 ***</b>	
	V2	D3	405,61			
	V1	D4	391,20	2,81	<b>0,048 *</b>	
	V2	D4	408,387			
	Chl <i>b</i>	V1	Do	121,66	5,64	<b>0,005 **</b>
		V2	Do	83,11		
V1		D1	137,22	8,66	<b>0,001 ***</b>	
V2		D1	105,02			
V1		D2	162,22	12,30	<b>0,000 ***</b>	
V2		D2	120,55			
V1		D3	172,77	5,94	<b>0,004 **</b>	
V2		D3	146,83			
V1		D4	202,38	0,76	<b>0,492 NS</b>	
V2		D4	199,75			
Chl ( <i>a+b</i> )		V1	Do	456,94	0,63	<b>0,561 NS</b>
		V2	Do	465,70		
	V1	D1	489,99	2,59	<b>0,061 NS</b>	
	V2	D1	498,66			
	V1	D2	533,33	4,05	<b>0,015 *</b>	
	V2	D2	518,02			
	V1	D3	560,27	2,19	<b>0,093 NS</b>	
	V2	D3	552,44			
	V1	D4	632,9	0,75	<b>0,493 NS</b>	
	V2	D4	608,13			

V1 = variété GTA dur  
V2 = variété Vitron

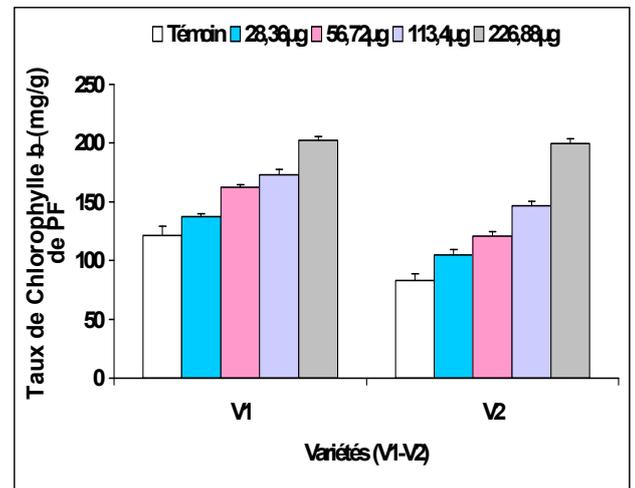
D0: Témoin  
D1: 28,36 µg  
D2: 56,72 µg  
D3: 113,44 µg  
D4: 226,88 µg

$T_{obs}$  = valeur observée de la  
variable t de STUDENT  
P = Probabilité

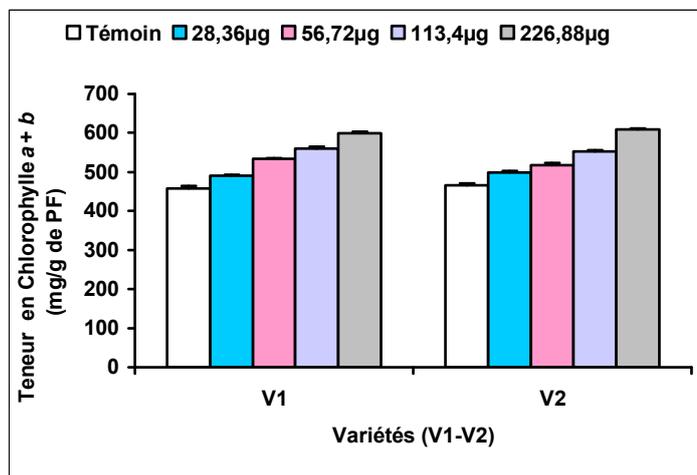
La représentation graphique des résultats statistiques obtenus dans le cas du traitement des deux variétés **GTA dur** (V1) et **Vitron** (V2) est illustrée sur les figures 32, 33, 34.



**Figure 32.** Effets des quatre doses (µg) de Flamenco SC sur la teneur en chlorophylle *a* (mg/g de PF) des deux variétés de blé dur (*T. durum*) GTA dur (V1) et Vitron (V2) après huit jours de traitement. ( $m \pm s$  ;  $n = 3$ )



**Figure 33.** Effets des quatre doses (µg) de Flamenco SC sur la teneur en chlorophylle *b* (mg/g de PF) des deux variétés de blé dur (*T. durum*) GTA dur (V1) et Vitron (V2) après huit jours de traitement. ( $m \pm s$  ;  $n = 3$ )



**Figure 34.** Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Flamenco SC sur la teneur en chlorophylle ( $a+b$ ) ( $\text{mg/g}$  de PF) des deux variétés de blé dur (*T. durum*) GTA dur (V1) et Vitron (V2) après huit jours de traitement. ( $m \pm s$  ;  $n = 3$ )

## 2. Traitement par le fongicide Tilt 250 EC

Le Tableau (50) donne les paramètres statistiques obtenus pour les chl  $a$ ,  $b$  et ( $a + b$ ) pour chaque dose du fongicide **Tilt 250 EC** et pour chaque variété de *T. durum*.

La comparaison des moyennes de chacune des trois chlorophylles, entre doses, et pour chacune des deux variétés de blé dur à l'aide de l'analyse de la variance, révèle qu'il existe des différences très hautement significatives, sauf pour la variété **GTA dur** et pour la chl ( $a + b$ ) ou il n'y a pas de différences significatives (Tableau 51).

En ce qui concerne les résultats du test t de **STUDENT** (Tableau 52) seule la dose  $D_1$  ne présente pas de différences significatives, entre les deux variétés de blé dur, concernant la chl ( $a + b$ ).

Toutes les autres doses du fongicide en question indiquent des différences très hautement significatives, entre variétés, pour les chlorophylles étudiées.

**Tableau 50** : Paramètres statistiques calculés sur la chlorophylle *a*, la chlorophylle *b* et la chlorophylle (*a+b*) pour chacune des deux variétés de *T. durum* et pour les différentes doses du fongicide Tilt250 EC.

Type de chlorophylles	Variétés	doses	n	Paramètres statistiques		
				x	s	X min - X max
Chl <i>a</i>	GTA dur	Do	3	281,39	5,67	275,00-285,83
		D1	3	317,17	3,75	315,00-321,50
		D2	3	33,89	1,27	332,50-335,00
		D3	3	351,11	2,55	348,33-353,33
		D4	3	379,16	4,17	375,00-383,33
	Vitron	Do	3	263,05	1,92	260,83-264,16
		D1	3	301,49	1,27	300,83-303,33
		D2	3	389,72	1,73	388,33-381,66
		D3	3	396,38	2,92	393,33-399,16
		D4	3	415,28	4,59	410,83-420,00
Chl <i>b</i>	GTA dur	Do	3	315,27	1,73	313,33-316,66
		D1	3	316,94	1,73	315,00-318,33
		D2	3	319,72	0,96	319,16-320,83
		D3	3	325,83	6,01	320,83-332,50
		D4	3	332,77	3,94	328,33-335,83
	Vitron	Do	3	271,39	2,40	270,00-274,16
		D1	3	330,55	2,92	327,00-333,33
		D2	3	334,16	3,34	330,83-337,50

		D3	3	376,94	2,68	375,00-380,00
		D4	3	460,55	2,68	457,50-462,50
<b>Chl (a+b)</b>	GTA	Do	3	596,66	4,33	591,66-599,16
		D1	3	253,40	3,29	630 -633,3
		D2	3	653,60	1,73	651,66-654,99
		D3	3	690,50	19,8	677,5 -713,3
		D4	3	711,94	1,27	710,83-713,32
	Vitron	Do	3	538,88	8,34	530,83-547,49
		D1	3	632,49	3,63	628,33-634,99
		D2	3	723,88	2,41	722,49-726,66
		D3	3	773,33	4,41	768,33-776,66
		D4	3	875,83	5,07	872,50-881,66

D<sub>0</sub>: Témoin  
D1: 28, 36 µg  
D2: 56, 72 µg  
D3: 113, 44µg  
D4: 226, 88 µg

s = écart type  
n = effectif de l'échantillon  
x = moyenne  
x<sub>min</sub> = valeur minimale  
x<sub>max</sub> = valeur maximale

**Tableau 51** : Résultats de l'analyse de la variance de la comparaison, **entre doses** du fongicide **Tilt 250 EC**, pour chacune des deux variétés de blé dur, de la chlorophylle *a*, de la chlorophylle *b* et de la chlorophylle (*a+b*) obtenues au cours des trois essais réalisés.

Types de chlorophylle	Variétés	Paramètres statistiques			
		ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P
<b>Chl a</b>	GTA dur	4	4030,0	281,09	<b>0,000***</b>
	Vitron	4	13354,77	1759,22	<b>0,000***</b>
<b>Chl b</b>	GTA dur	4	155,0	13,23	<b>0,001***</b>
	Vitron	4	14734,21	1851,33	<b>0,000***</b>
<b>Chl (a+b)</b>	GTA dur	4	2105945	0,97	<b>0,464 NS</b>
	Vitron	4	50239,2	1879,10	<b>0,000***</b>

ddl = degré de liberté

CM = carré moyen

P = probabilité

F<sub>obs</sub> = valeur observée de la variable F de FISHER

**Tableau 52** : Test t de **STUDENT** de la comparaison, entre les deux variétés de blé dur, pour la même dose du fongicide **Tilt 250 EC**, de la chlorophylle *a*, de la chlorophylle *b* et de la chlorophylle( *a+b*), obtenues au cours des trois essais réalisés.

Types de chlorophylle	Variétés	Doses	Paramètres statistiques			
			moyennes	T <sub>obs</sub>	P	
<b>Chl a</b>	V1	Do	281,39	5,30	<b>0,006**</b>	
	V2	Do	263,05			
	V1	D1	317,17	6,66	<b>0,003**</b>	
	V2	D1	301,94			
	V1	D2	333,89	44,97	<b>0,000***</b>	
	V2	D2	389,72			
	V1	D3	351,11	20,23	<b>0,000***</b>	
	V2	D3	396,38			
	V1	D4	379,16	10,09	<b>0,001***</b>	
	V2	D4	415,28			
	<b>Chl b</b>	V1	Do	315,27	25,66	<b>0,000***</b>
		V2	Do	271,39		
V1		D1	316,94	6,93	<b>0,002**</b>	
V2		D1	330,55			
V1		D2	319,717	7,21	<b>0,002**</b>	
V2		D2	334,16			
V1		D3	325,83	13,45	<b>0,000***</b>	

	V2	D3	376,94		
	V1	D4	332,77	46,48	<b>0,000***</b>
	V2	D4	460,55		
<b>Chl (a+b)</b>	V1	Do	596,66	10,65	<b>0,000***</b>
	V2	Do	538,88		
	V1	D1	2534,0	1,00	<b>0,373 NS</b>
	V2	D1	632,49		
	V1	D2	653,60	41,03	<b>0,000***</b>
	V2	D2	723,88		
	V1	D3	690,5	7,07	<b>0,002**</b>
	V2	D3	773,33		
	V1	D4	711,94	54,36	<b>0,000***</b>
	V2	D4	875,83		

D0 : Dose témoin  
Student.

D1 : 28,36 µg  
D2: 56, 72 µg  
D3: 113, 44µg  
D4: 226, 88 µg

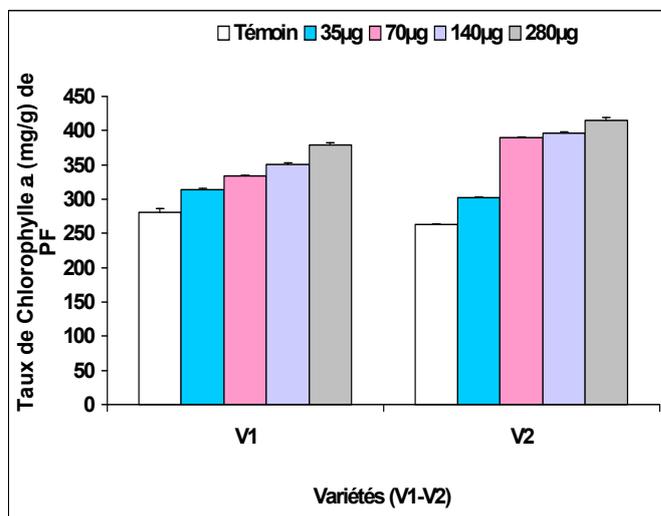
V1 = variété GTA dur

V2 = variété Vitron

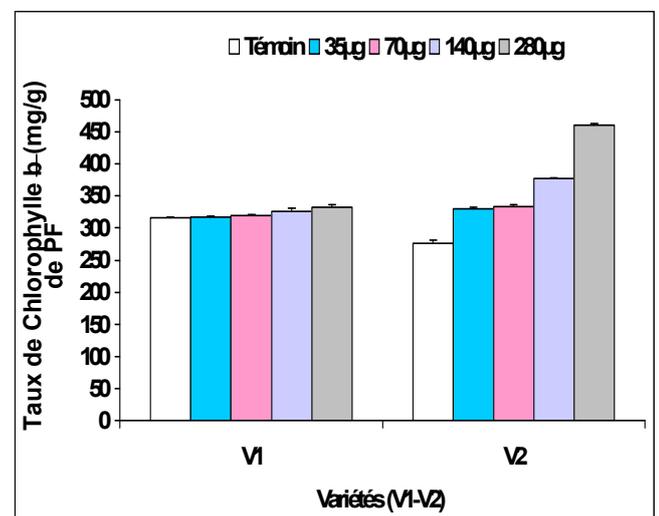
T obs = valeur observée de la variable t de

P = probabilité

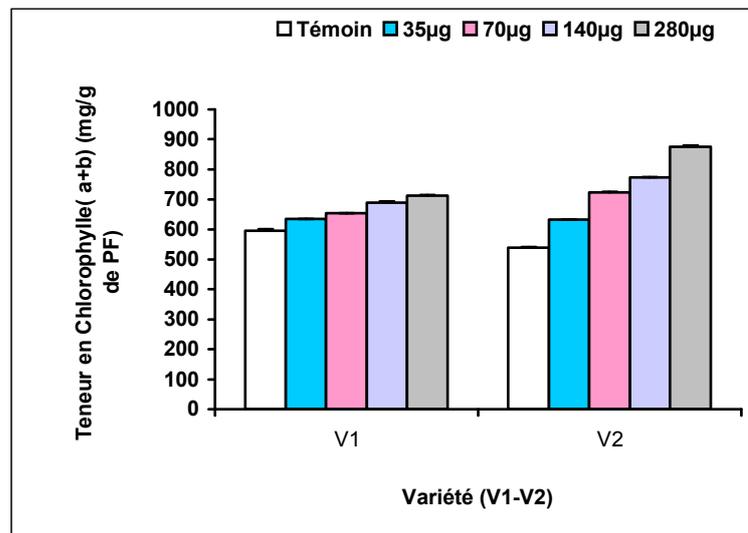
La représentation graphique des résultats statistiques obtenus dans le cas du traitement des deux variétés **GTA dur** (V1) et **Vitron** (V2) est illustrée sur les figures 35, 36, 37.



**Figure 35.** Effets des quatre doses (µg) de Tilt 250 EC sur la teneur en chlorophylle a (mg/g de PF) des deux variétés de blé dur (*T. durum*) GTA dur (V1) et Vitron (V2) après huit jours de traitement. ( $m \pm s$  ;  $n = 3$ )



**Figure 36.** Effets des quatre doses (µg) de Tilt 250 EC sur la teneur en chlorophylle b (mg/g de PF) des deux variétés de blé dur (*T. durum*) GTA dur (V1) et Vitron (V2) après huit jours de traitement. ( $m \pm s$  ;  $n = 3$ )



**Figure 37.**  
Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Tilt 250 EC sur la teneur en chlorophylle ( $a+b$ ) ( $\text{mg/g}$  de PF) des deux

variétés de blé dur (*T. durum*) GTA dur (V1) et Vitron (V2) après huit jours de traitement. ( $m \pm s$  ;  $n = 3$ )

### K. Les protéines.

Le tableau (53) donne les valeurs des paramètres statistiques calculés sur les protéines, par dose, par variété de blé dur et par fongicide étudié.

Les résultats de l'analyse de la variance de la comparaison **entre doses**, des moyennes des teneurs en protéines indiquent tous des différences très hautement significatives entre doses pour chacune des deux variétés de blé dur et pour chacun des deux fongicides (Tableau 54).

Le test **t de STUDENT** indique des différences significatives, entre variétés de blé dur, pour la dose  $D_2$  pour le fongicide **Flamenco SC** et pour les doses  $D_0$  et  $D_3$  pour le fongicide **Tilt 250 EC**. Tout le reste des autres résultats ne révèle pas de différences significatives (tableau 59).

**Tableau 53 :** Paramètres statistiques de base calculés sur les protéines (mg / g de PF) par dose, par fongicide et par variété de *T durum*.

Fongicides	Variétés	doses	x	s	$X_{\min} - X_{\max}$
Flamenco SC	GTA dur	D <sub>0</sub>	5,314	0,490	7,944 – 5,870
		D <sub>1</sub>	6,950	0,798	6,240 – 7,814
		D <sub>2</sub>	7,197	1,020	6,148 – 8,185
		D <sub>3</sub>	12,845	0,719	12,259 – 13,648
		D <sub>4</sub>	17,23	1,76	15,41 – 18,93
	Vitron	D <sub>0</sub>	6,333	0,967	5,222 – 6,981
		D <sub>1</sub>	6,456	1,343	5,129 – 7,814
		D <sub>2</sub>	9,358	0,695	8,648 – 10,037
		D <sub>3</sub>	13,863	0,860	13,277 – 14,851
		D <sub>4</sub>	14,265	1,024	13,185 – 15,222
Tilt 250EC	GTA dur	D <sub>0</sub>	3,123	0,683	2,351 – 3,648
		D <sub>1</sub>	3,308	0,475	2,907 – 3,833
		D <sub>2</sub>	4,512	0,630	4,018 – 5,222
		D <sub>3</sub>	6,024	0,283	5,777 – 6,333
		D <sub>4</sub>	8,092	0,424	7,722 – 8,555
		D <sub>0</sub>	1,517	0,491	1,148 – 2,074
		D <sub>1</sub>	3,740	0,490	3,185 – 4,111

	Vitron	D <sub>2</sub>	5,592	0,578	4,944 – 6,055
		D <sub>3</sub>	7,506	0,457	6,981 – 7,814
		D <sub>4</sub>	8,524	0,283	8,277 – 8,833

V1 : GTA dur  
V2 : Vitron

D<sub>0</sub> : Témoin  
D1: 28, 36 µg  
D2: 56, 72 µg  
D3: 113, 44µg  
D4: 226, 88 µg

T<sub>obs</sub> = valeur observée  
de la variable t de  
STUDENT  
P = probabilité

**Tableau 54** : Résultats de l'analyse de la variance de la comparaison des **protéines** obtenues, **entre doses**, pour chacun des deux fongicides appliqués à chacune des deux variétés de *T durum*.

Fongicides	Variétés	Paramètres statistiques			
		ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P
Flamenco SC	V1	4	74,55	67,28	<b>0,000***</b>
	V2	4	44,64	44,56	<b>0,000***</b>
Tilt250 EC	V1	4	12,925	47,89	<b>0,000***</b>
	V2	4	24,043	108,93	<b>0,000***</b>

V1 = variété GTA dur  
V2 = variété Vitron  
CM = carré moyen  
ddl = degré de liberté  
P = probabilité

**Tableau 55** : Test t de **STUDENT** de la comparaison, des protéines obtenues, entre les deux variétés de blé dur, pour la même dose de chacun des deux fongicides.

Fongicides	Variétés	Doses	Paramètres statistiques			
			moyennes	T <sub>obs</sub>	P	
Flamenco SC	V1	D <sub>0</sub>	5,315	1,63	<b>0,179 NS</b>	
	V2	D <sub>0</sub>	6,333			
	V1	D <sub>1</sub>	6,950	0,55	<b>0,613 NS</b>	
	V2	D <sub>1</sub>	6,46			
	V1	D <sub>2</sub>	7,20	3,03	<b>0,039*</b>	
	V2	D <sub>2</sub>	9,358			
	V1	D <sub>3</sub>	12,845	1,57	<b>0,191NS</b>	
	V2	D <sub>3</sub>	13,863			
	V1	D <sub>4</sub>	17,23	2,52	<b>0,066NS</b>	
	V2	D <sub>4</sub>	14,27			
	Tilt 250 EC	V1	D <sub>0</sub>	3,123	3,31	<b>0,030*</b>
		V2	D <sub>0</sub>	1,517		
V1		D <sub>1</sub>	3,308	1,10	<b>0,334NS</b>	
V2		D <sub>1</sub>	3,740			
V1		D <sub>2</sub>	4,512	2,19	<b>0,094NS</b>	

	V2	D2	5,592		
	V1	D <sub>3</sub>	6,024	4,78	<b>0,009**</b>
	V2	D <sub>3</sub>	7,506		
	V1	D <sub>4</sub>	8,092	1,47	<b>0,216 N.S</b>
	V2	D <sub>4</sub>	8,524		

V1 = variété GTA dur -

V2 = variété Vitron -

T<sub>obs</sub> = valeur observée de la variable t de STUDENT -

P = probabilité

D0 : Dose témoin

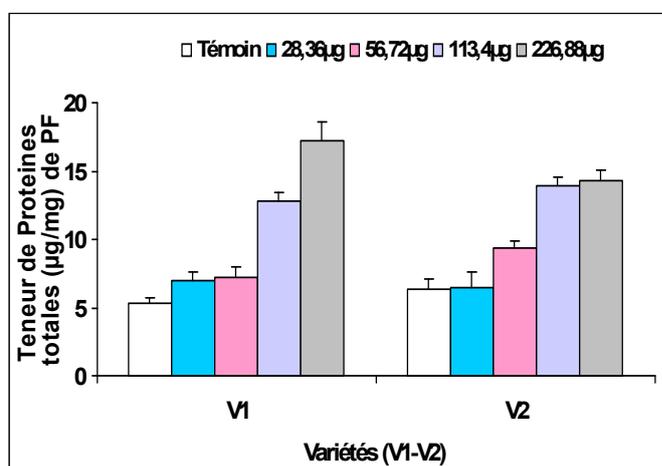
D1 : 28,36 µg

D2 : 56,72 µg

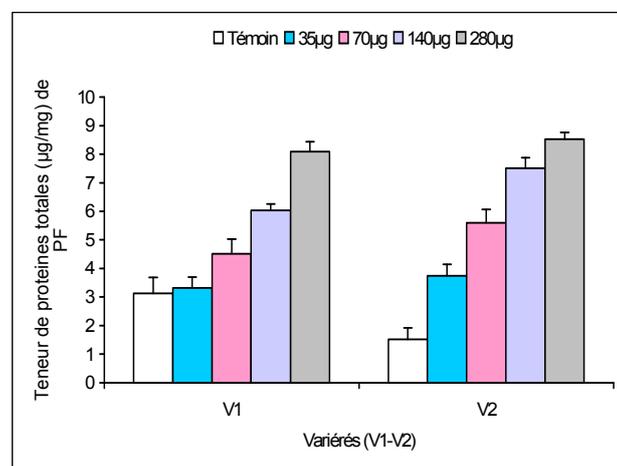
D3 : 113,44 µg

D4 : 226,88 µg

La représentation graphique des résultats statistiques obtenus dans le cas du traitement des deux variétés **GTA dur** (V1) et **Vitron** (V2) est illustrée sur les figures 38, 39.



**Figure 38.** Effets des quatre doses (µg) de Flamenco SC sur la teneur en protéine (µg/g de PF) des deux variétés de blé dur (*T.durum*) GTA dur (V1) et Vitron (V2) après huit jours de traitement ( $m \pm s$ ;  $n = 4$ )



**Figure 39.** Effets des quatre doses (µg) de Tilt 250 EC sur la teneur en protéine (µg/g de PF) des deux variétés de blé dur (*T.durum*) GTA dur (V1) et Vitron (V2) après huit jours de traitement ( $m \pm s$ ;  $n = 4$ )

## L. La proline.

Les paramètres statistiques calculés sur la **proline** par doses par fongicide et par variété de blé dur, figurent dans le Tableau (56).

Les comparaisons de moyennes effectuées par l'analyse de la variance, entre doses de chacun des deux fongicides, et pour chaque variété de blé dur, montrent des différences très hautement significatives **entre doses**, sauf pour la variété **Vitron** et le fongicide **Tilt 250 EC** ou les différences n'étaient pas significatives (Tableau 57.).

D'autre part, les résultats du test t de **STUDENT** font apparaître des différences significatives pour les doses D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> et D<sub>4</sub> pour le fongicide **Flamenco SC**, et des différences hautement significatives pour la dose D<sub>0</sub> et des différences significatives de la dose D<sub>2</sub> au niveau de fongicide **Tilt 250 EC**. (Tableau 58).

**Tableau 56:** Paramètres statistiques de base calculés sur la **proline**, par dose, par fongicide et par variété de *T durum*.

Fongicides	Variétés	doses	X	s	X <sub>min</sub> – X <sub>max</sub>
<b>Flamenco SC</b>	GTA dur	D <sub>0</sub>	0,268	0,018	0,254 - 0,890
		D <sub>1</sub>	0,305	0,060	0,268 - 0,375
		D <sub>2</sub>	0,354	0,059	0,316 - 0,423
		D <sub>3</sub>	0,399	0,049	0,352- 0,450
		D <sub>4</sub>	0,439	0,047	0,405- 0,494
	Vitron	D <sub>0</sub>	0,245	0,013	0,236- 0,260
		D <sub>1</sub>	0,417	0,006	0,411- 0,423
		D <sub>2</sub>	0,483	0,049	0,444 - 0,539
		D <sub>3</sub>	0,483	0,100	0,370 - 0,560
		D <sub>4</sub>	0,689	0,146	0,536 - 0,827
<b>Tilt 250 EC</b>	GTA dur	D <sub>0</sub>	0,231	0,034	0,194 - 0,263
		D <sub>1</sub>	0,297	0,059	0,248 - 0,364
		D <sub>2</sub>	0,442	0,027	0,414-0,468
		D <sub>3</sub>	0,600	0,054	0,438 - 0,536
		D <sub>4</sub>	0,633	0,078	0,444 - 0,592
		D <sub>0</sub>	0,127	0,012	0,117- 0,141

	Vitron	D <sub>1</sub>	0,199	0,055	0,164 - 0,263
		D <sub>2</sub>	0,245	0,071	0,197 - 0,328
		D <sub>3</sub>	0,268	0,214	0,023 - 0,417
		D <sub>4</sub>	0,426	0,003	0,423- 0,429

D0 : Dose témoin

D1 : 28,36 µg

D2 : 56,72 µg

D3 : 113,44µg

D4 : 226,88 µg

x = moyenne arithmétique

s = écart type

x<sub>min</sub> = valeur minimale

x<sub>max</sub> = valeur maximale

**Tableau 57** : Test t de **STUDENT** de la comparaison, des **prolines** obtenues, entre les deux variétés de *T. durum* pour la même dose de chacun des deux fongicides

Fongicides	Variétés	Doses	Paramètres statistiques		
			moyennes	T <sub>obs</sub>	P
Flamenco SC	V1	D <sub>0</sub>	0,2687	1,83	<b>0,141 NS</b>
	V2	D <sub>0</sub>	0,2450		
	V1	D <sub>1</sub>	0,3057	3,19	<b>0,033 *</b>
	V2	D <sub>1</sub>	0,4170		
	V1	D <sub>2</sub>	0,3547	2,89	<b>0,044 *</b>
	V2	D <sub>2</sub>	0,4837		
	V1	D <sub>3</sub>	0,3993	1,31	<b>0,261 NS</b>
	V2	D <sub>3</sub>	0,484		
	V1	D <sub>4</sub>	0,4397	2,81	<b>0,048 **</b>
	V2	D <sub>4</sub>	0,689		
	V1	D <sub>0</sub>	0,2310	4,88	<b>0,008 **</b>
	V2	D <sub>0</sub>	0,1270		
	V1	D <sub>1</sub>	0,2973	2,09	<b>0,105 NS</b>

<b>Tilt 250 EC</b>	V2	D <sub>1</sub>	0,1990		
	V1	D <sub>2</sub>	0,4420	4,44	<b>0,011 **</b>
	V2	D <sub>2</sub>	0,2457		
	V1	D <sub>3</sub>	0,5003	1,82	<b>0,142 NS</b>
	V2	D <sub>3</sub>	0,268		
	V1	D <sub>4</sub>	0,5330	2,36	<b>0,078 NS</b>
	V2	D <sub>4</sub>	0,4260		

V1 = variété GTA dur  
V2 = variété Vitron

D0 : Dose témoin

D1 : 28,36 µg  
D2 : 56,72 µg  
D3 : 113,44 µg  
D4 : 226,88 µg

T<sub>obs</sub> = valeur observée de  
la variable t de STUDENT  
P = probabilité

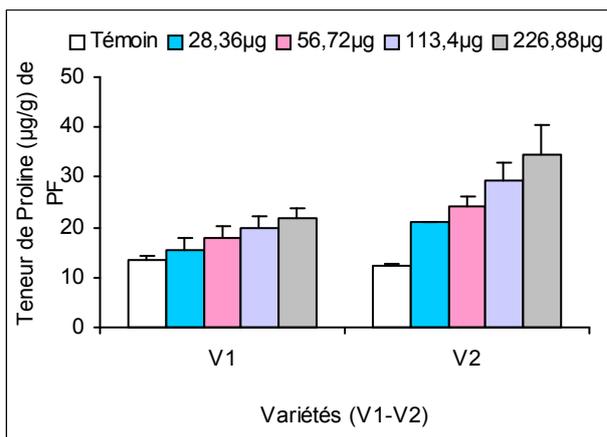
**Tableau 58** : Résultats de l'analyse de la variance de la comparaison des **prolines** obtenues entre doses, pour chacun des deux fongicides appliqués à chacune des deux variétés de *T. durum*.

Fongicides	Variétés	Paramètres statistiques			
		ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P
<b>Flamenco SC</b>	V1	4	0,01426	5,87	<b>0,011**</b>
	V2	4	0,07629	11,20	<b>0,001**</b>
<b>Tilt250 EC</b>	V1	4	0,05146	17,61	<b>0,000***</b>
	V2	4	0,0367	3,40	<b>0,053 NS</b>

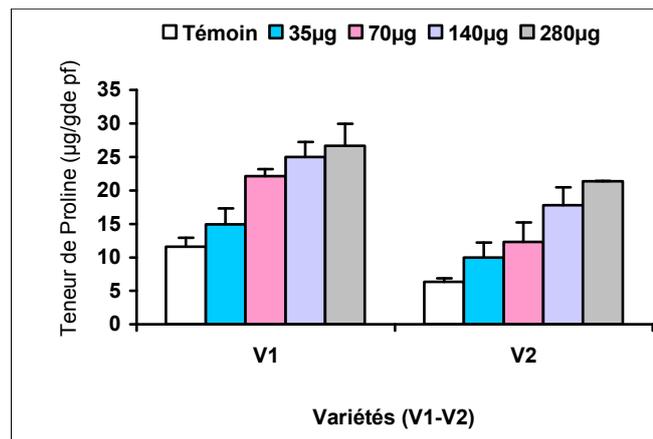
V1 = variété GTA dur  
V2 = variété Vitron

ddl = degré de liberté  
CM = carré moyen  
P = probabilité  
F<sub>obs</sub> = valeur observée de la  
variable F de FISHER

La représentation graphique des résultats statistiques obtenus dans le cas du traitement des deux variétés **GTA dur** (V1) et **Vitron** (V2) est illustrée sur les figures 40, 41.



**Figure 40.** Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Flamenco SC sur la teneur en proline ( $\mu\text{g/g}$  de PF) des deux variétés de blé dur (*T. durum*) GTA dur (V1) et Vitron (V2) ( $m \pm s$ ;  $n = 4$ )



**Figure 41.** Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de Tilt 250 EC sur la teneur en proline ( $\mu\text{g/g}$  de PF) des deux variétés de blé dur (*T. durum*) GTA dur (V1) et Vitron (V2) ( $m \pm s$ ;  $n = 4$ )

**M.**

### Les sucres.

Le Tableau (59) présente les paramètres statistiques calculés sur les **sucres** par dose, par fongicide et par variété de blé dur.

Le test d'analyse de la variance utilisé pour comparer **entre doses**, les moyennes pour chacune des deux variétés de blé dur et pour chaque fongicide fait apparaître des différences très hautement significatives pour toutes les comparaisons effectuées (Tableau 60).

Le test t de **STUDENT** révèle quant à lui, des différences très hautement significatives entre variétés de blé dur pour toutes les doses du fongicide **Tilt 250 EC** et pour toutes les doses du fongicide **Flamenco SC** exceptée la dose  $D_1$  de ce dernier fongicide ou on a constaté qu'il n'existe pas de différences significatives entre variétés de blé dur (Tableau 61).

**Tableau 59 :** Paramètres statistiques de base des **sucres** ( $\mu\text{g}$  /mg de PF) par dose ( $\mu\text{g}$ ), par fongicide et par variété de *T. durum*.

Fongicides	Variétés	doses	X	s	X <sub>min</sub> - X <sub>max</sub>
Flamenco SC	GTA dur	D <sub>0</sub>	0,226	0,003	0,223 - 0,229
		D <sub>1</sub>	0,216	0,08	0,120 - 0,265
		D <sub>2</sub>	0,298	0,007	0,292- 0,307
		D <sub>3</sub>	0,314	0,005	0,309- 0,319
		D <sub>4</sub>	0,667	0,009	0,658- 0,677
	Vitron	D <sub>0</sub>	0,290	0,002	0,288- 0,292
		D <sub>1</sub>	0,299	0,003	0,296- 0,303
		D <sub>2</sub>	0,491	0,004	0,487- 0,496
		D <sub>3</sub>	0,636	0,004	0,632- 0,641
		D <sub>4</sub>	0,920	0,002	0,918- 0,922
GTA dur	GTA dur	D <sub>0</sub>	0,113	0,005	0,107- 0,118
		D <sub>1</sub>	0,125	0,011	0,118- 0,139
		D <sub>2</sub>	0,250	0,005	0,246- 0,256
		D <sub>3</sub>	0,275	0,004	0,271- 0,279

<b>Tilt 250 EC</b>		D <sub>4</sub>	0,302	0,004	0,298- 0,307
	Vitron	D <sub>0</sub>	0,213	0,006	0,208- 0,221
		D <sub>1</sub>	0,275	0,003	0,273- 0,279
		D <sub>2</sub>	0,377	0,005	0,372- 0,382
		D <sub>3</sub>	0,509	0,006	0,504- 0,517
		D <sub>4</sub>	0,610	0,007	0,603- 0,618

D0 : Dose témoin    D1 : 28,36 µg    D2 : 56,72 µg    D3 : 113,44µg    D4 : 226,88 µg  
x = moyenne arithmétique    s = écart type    x<sub>min</sub> = valeur minimale    x<sub>max</sub> = valeur maximale

**Tableau 60 :** test t de **STUDENT** la comparaison, des sucres obtenus, entre les deux variétés de *T. durum* pour la même dose de chacun des deux fongicides.

Fongicides	Variétés	Doses	Paramètres statistiques		
			moyennes	T <sub>obs</sub>	P
<b>Flamenco SC</b>	V1	D <sub>0</sub>	0,226	30,20	<b>0,000***</b>
	V2	D <sub>0</sub>	0,290		
	V1	D <sub>1</sub>	0,216	1,73	<b>0,159 NS</b>
	V2	D <sub>1</sub>	0,299		
	V1	D <sub>2</sub>	0,298	37,28	<b>0,000 ***</b>
	V2	D <sub>2</sub>	0,491		
	V1	D <sub>3</sub>	0,314	82,62	<b>0,000 ***</b>
	V2	D <sub>3</sub>	0,636		
	V1	D <sub>4</sub>	0,667	44,96	<b>0,000***</b>
	V2	D <sub>4</sub>	0,920		
	V1	D <sub>0</sub>	0,113	20,09	<b>0,000 ***</b>
	V2	D <sub>0</sub>	0,213		
	V1	D <sub>1</sub>	0,125	21,68	<b>0,000 ***</b>
	V2	D <sub>1</sub>	0,275		

<b>Tilt 250 EC</b>	V1	D <sub>2</sub>	0,250	30,82	<b>0,000 ***</b>
	V2	D <sub>2</sub>	0,377		
	V1	D <sub>3</sub>	0,275	52,33	<b>0,000 ***</b>
	V2	D <sub>3</sub>	0,509		
	V1	D <sub>4</sub>	0,302	60,53	<b>0,000 ***</b>
	V2	D <sub>4</sub>	0,610		

V1 = variété GTA dur  
V2 = variété Vitron

D0 : Dose témoin  
D1: 28, 36 µg  
D2: 56, 72 µg  
D3: 113, 44 µg  
D4: 226, 88 µg

T<sub>obs</sub> = valeur observée  
de la variable t de  
STUDENT  
P = probabilité

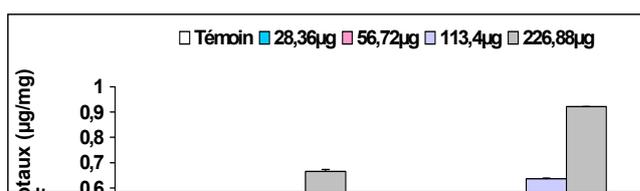
**Tableau 61** : Résultats de l'analyse de la variance de la comparaison des sucres obtenus, entre doses, pour chacun des deux fongicides appliqués à chacune des deux variétés de *T. durum*.

Fongicides	Variétés	Paramètres statistiques			
		ddl	CM	F <sub>obs</sub>	P
<b>Flamenco SC</b>	V1	4	0,103	72,65	<b>0,000 ***</b>
	V2	4	0,206	1700	<b>0,000 ***</b>
<b>Tilt 250 EC</b>	V1	4	0,023	510,94	<b>0,000 ***</b>
	V2	4	0,080	2220,51	<b>0,000 ***</b>

V1 = variété GTA dur  
V2 = variété Vitron

ddl = degré de liberté  
CM = carré moyen  
F<sub>obs</sub> = valeur observée de la variable F de  
FISHER  
P = probabilité

La représentation graphique des résultats statistiques obtenus dans le cas du traitement des deux variétés **GTA dur** (V1) et **Vitron** (V2) est illustrée sur les Figures 42, 43.



**Figure 42.** Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de **Flamenco SC** sur la teneur en sucre ( $\mu\text{g/g}$  de **PF**) des deux variétés de blé dur (*T. durum*) **GTA dur (V1)** et **Vitron (V2)**. ( $m \pm s$  ;  $n = 4$ )

**Figure 43.** Effets des quatre doses ( $\mu\text{g}$ ) de **Tilt 250 EC** sur la teneur en sucre ( $\mu\text{g/g}$  de **PF**) des deux variétés de blé dur (*T. durum*) **GTA dur (V1)** et **Vitron (V2)**. ( $m \pm s$  ;  $n = 4$ )

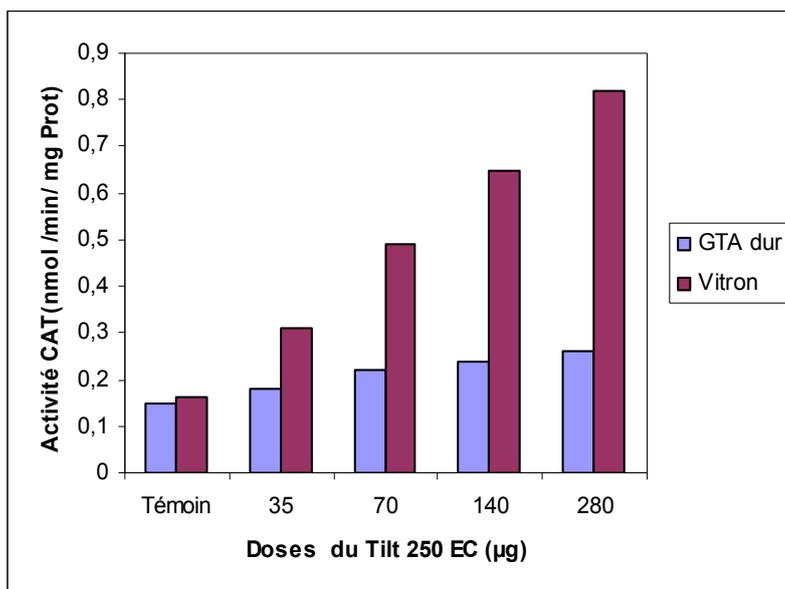
## **N. Activité enzymatique**

Dans notre travail, nous avons étudié trois activités enzymatiques à savoir la catalase (**CAT**), l'Ascorbate Peroxydase (**APX**) et le Guaiacol Peroxydase (**GPX**)

### **1. Activité de la catalase (CAT).**

#### **1.1. Cas du traitement par le Tilt 250 EC**

L'évolution de l'activité **CAT** des deux variétés **GTA dur** et **Vitron** soumises au traitement par le **Tilt 250 EC** est représentée sur la figure 45.



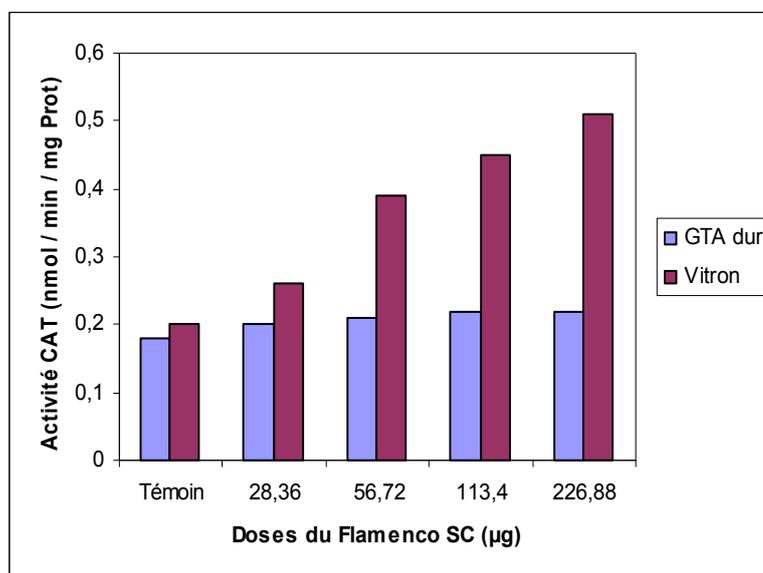
**Figure 44.** Effets du traitement par le **Tilt 250 EC** sur l'activité **CAT** chez les racines isolées des deux variétés **GTA dur** et **Vitron**.

D'après cette Figure, on constate une nette augmentation de l'activité CAT chez la variété Vitron. Parallèlement celle-ci varie faiblement chez la variété GTA. Les variations enregistrées sont de 0,15 nmoles / min /mg de Prot chez les échantillons témoins à 0,82 nmoles / min / mg de Proteines à la plus forte concentration de propiconazole (280 µM) c'est-à-dire une activité CAT, 5 fois plus élevée que celle des témoins. Parallèlement cette activité reste peu changée chez la variété GTA dur ou on enregistre une augmentation d'environ 1,5 fois par rapport à celle des racines témoins.

Ainsi le propiconazole a tendance à stimuler l'activité CAT de façon très significative chez la variété Vitron, il reste cependant pratiquement sans effet sur l'activité CAT chez les racines isolées de la variété GTA dur.

## 1.2. Cas du traitement par le Flamenco SC

La Figure 46 représente les activités enzymatiques relatives à l'activité **CAT** obtenues chez les racines isolées des deux variétés : **GTA dur** et **Vitron**, testées par le fongicide **Flamenco SC**.



**Figure 45.** Effets du traitement des racines isolées des deux variétés **GTA dur** et **Vitron** par le **Flamenco SC** sur l'activité **CAT**.

Nous constatons que le traitement par le Flamenco SC a tendance à stimuler l'activité **CAT** chez les racines isolées de la variété **Vitron** beaucoup plus que nous l'observons chez les racines isolées de la variété **GTA dur**.

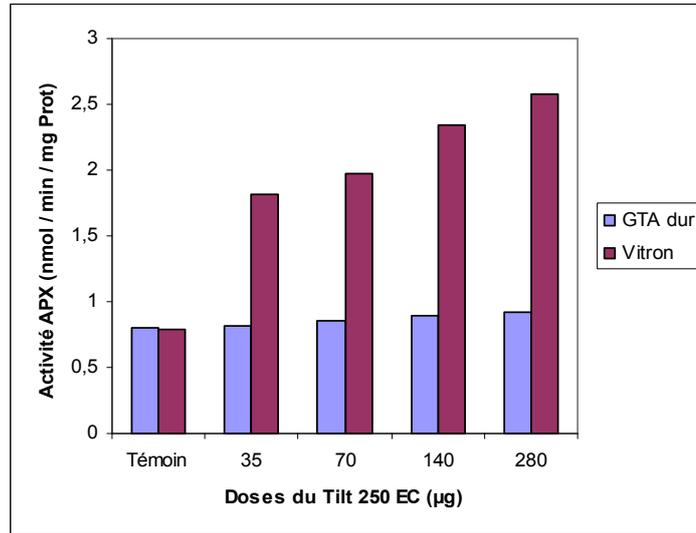
En effet l'action **CAT** enregistrées chez les racines isolées témoins est identique chez les deux variétés. En augmentant la concentration du Flamenco SC, celle-ci augmente de 0,18 nmoles / min / mg de Prot à 0,51 nmoles /min /mg de Prot c'est-à-dire une augmentation de près de 2 fois par rapport aux racines témoins. Parallèlement, chez les racines isolées de la variété **GTA dur**, l'activité **CAT** reste peu sensible et pratiquement la même quelque soit la concentration du fongicide. Ainsi il est clair que l'activité **CAT** des racines isolées de la variété **Vitron** est fortement stimulée, ce qui ne semble pas être le cas chez les racines isolées de la variété **GTA dur**, ou celle-ci reste pratiquement la même.

En conclusion, il ressort des deux traitements (Tilt 250 EC /Flamenco SC) que les activités CAT enregistrées chez les racines isolées est beaucoup plus sensible au propiconazole, ou le maximum de cette activité est près de 2 fois plus élevé que celui enregistré avec la même variété traitée par le Flamenco SC. Il faut cependant signaler que la variété la plus sensible est la variété Vitron, la variété GTA dur ne semble pas très affectée par les deux fongicides.

## **2. Activité Ascorbate – Peroxydase (APX) :**

### **2.1. Cas du traitement par le Tilt 250 EC**

Les mesures des activités APX des racines isolées traitées par le Tilt 250 EC sont rapportées dans la Figure 47.



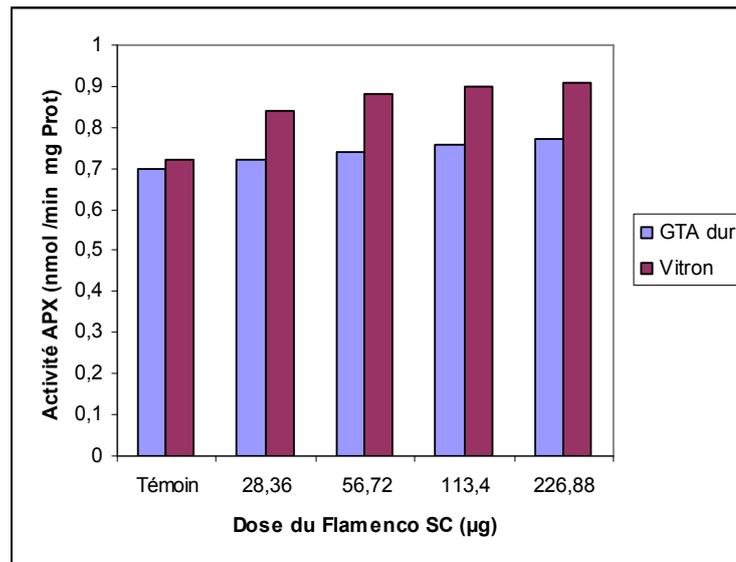
**Figure 46.** Effets du traitement des racines isolées des deux variétés **GTA dur** et **Vitron** par le **Tilt 250 EC** sur l'activité **APX**.

On constate que l'activité **APX** augmente de façon importante chez les racines isolées de la variété Vitron ou on enregistre une activité plus de 3 fois plus élevée que celle rapportée chez les racines témoins.

Cette activité (**APX**) semble par contre peu variée chez les racines de la variété **GTA dur**. En effet une légère augmentation est enregistrée entre les racines témoin et celles traitées par la plus forte dose de fongicide (environ 12%). Ainsi, il ressort que l'activité **APX** est fortement stimulée chez les racines isolées de la variété Vitron traitée par le Tilt 250 EC. Ce qui n'est pas le cas des racines isolées de la variété **GTA dur** traitée par le même fongicide.

## 2.2.. Cas du traitement par le Flamenco SC.

Les résultats obtenus relativement aux variations de l'activité enzymatique **APX** des racines isolées des deux variétés **GTA dur** et **Vitron**, traitées par le Flamenco SC, sont représentés sur la Figure 48.



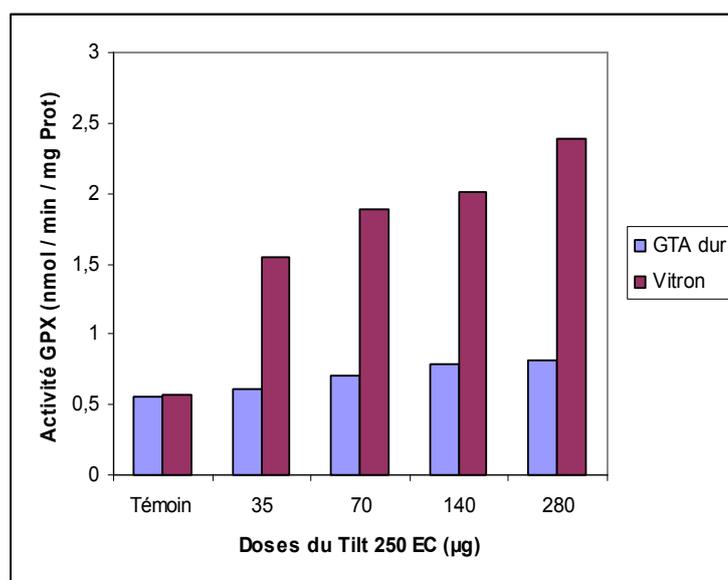
**Figure 47 .** Effets du traitement des racines isolées des deux variétés **GTA dur** et **Vitron** par le **Flamenco SC** sur l'activité **APX**.

On constate que le traitement par le Flamenco SC des racines isolées de la variété GTA dur provoque une très faible stimulation de l'activité **APX**. En effet celle-ci passe de 0,70 à 0,77 nmoles / min /mg de Prot). Contrairement à l'activité GPX enregistrée chez les racines isolées de la variété Vitron ou on obtient une stimulation assez forte avoisinant les 30 % d'augmentation. Il ressort ainsi de tous les résultats que l'activité GPX, enregistrée, suite au traitement des racines isolées,est beaucoup plus importante, chez les racines de la variété Vitron, que celles de la variété GTA dur. La différence enregistrée entre les 2 à la plus forte concentration de Flamenco SC est de 20 %.

### 3. Activité enzymatique Guaiacol-Peroxydase (GPX).

#### 3.1. Cas du traitement par le Tilt 250 EC.

La figure (49) représente les variations de l'activité GPX enregistrée chez les racines isolées des deux variétés, GTA dur et Vitron, soumises au traitement par le Tilt 250 EC.



**Figure 48.** Effets du traitement des racines isolées des deux variétés **GTA dur** et **Vitron** par le **Tilt 250 EC** sur l'activité **GPX**.

L'ensemble des résultats obtenus sur cette Figure montre que l'activité enzymatique GPX obtenue chez les racines isolées des deux variétés GTA dur et Vitron témoins sont pratiquement identique et égale à 0,55/0,57 nmoles / min / mg de Prot.

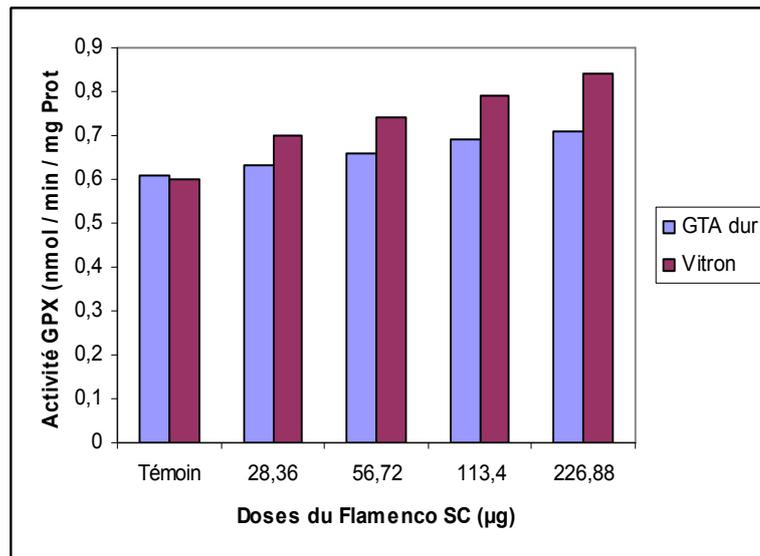
Le traitement des racines par le Tilt 250 EC tend à provoquer une forte stimulation de l'activité GPX proportionnelle aux concentrations du fongicide. Ainsi chez la variété Vitron, une nette augmentation est observée, elle est 5 fois plus élevée que celle des racines isolées témoins.

Parallèlement le traitement par le Tilt 250 EC provoque une faible stimulation de l'activité GPX chez la variété GTA dur, celle-ci est 1,5 fois plus élevée. Ainsi, le propiconazole provoque une stimulation de l'activité GPX.

Cependant, celle-ci est pratiquement 3 fois plus élevée, pour la variété Vitron par rapport à celle enregistrée chez la variété GTA dur.

### **3.2. Cas du traitement par le Flamenco SC**

La figure (50) représente les résultats de l'activité **GPX**, obtenus chez les racines isolées des deux variétés **GTA dur** et **Vitron** traitées par le Flamenco SC.



**Figure 49** Effets du traitement des racines isolées des deux variétés **GTA dur** et **Vitron** par le Flamenco SC sur l'activité **GPX**

On constate que le traitement par le Flamenco SC a tendance à stimuler l'activité GPX chez les racines isolées des deux variétés, mais à des degrés différents.

Chez les racines isolées de la variété Vitron, le traitement par le Flamenco SC stimule l'activité GPX de façon importante. En effet, celle-ci passe de 0,60 nmoles /min / mg de Prot à 0,84 nmoles / min / mg de Prot. Cette augmentation de l'activité GPX est de 30 %. Chez les racines isolées de la variété GTA dur, elle n'est que de 16%.

Ainsi l'activité GPX des racines isolées soumises au traitement par le Flamenco SC diffère d'une variété à une autre. Elle est beaucoup plus importante pour la variété Vitron.

En conclusion, le traitement par les deux fongicides montre que l'activité GPX des racines isolées de la variété Vitron est beaucoup plus sensible aux deux fongicides que celle des racines isolées de la variété GTA dur.

De plus cette activité enzymatique paraît beaucoup plus sensible au traitement par le Tilt 250 EC que par le Flamenco SC.



# **CHAPITRE IV**

# **DISCUSSION**

## Discussion

Nous nous proposons dans ce dernier Chapitre de procéder à une discussion générale des résultats qui viennent d'être exposés. Cette discussion comportera trois parties : La première concernera les effets des deux fongicides sur les paramètres morphophysiologiques des racines isolées de blé, tandis que la seconde portera sur les paramètres biochimiques particulièrement le métabolisme respiratoire.

### **A. Effets du Flamenco SC et du Tilt 250 EC sur les paramètres morphophysiologiques:**

Cette étude a consisté à traiter les graines de blé des deux variétés vitron et GTA et à réaliser par la suite un traitement par les deux fongicides nouvellement introduits en Algérie. L'objectif étant de suivre le développement des graines soumises aux deux xénobiotiques et ce à travers une majorité de paramètres morphophysiologiques.

Le premier paramètre mesuré dans notre travail est l'élongation des racines, en effet ce dernier est révélateur de la toxicité des xénobiotiques utilisés (Prasad, 1995). Ainsi, après 96 heures de traitement, une diminution significative de la longueur des jeunes racines de *T. durum*, variété GTA dur et vitron est observée. Ceci vient confirmer les résultats des travaux de Smiley *et al.*, (1996) ; Lopher *et al.*, (1999) et Siddiqui *et al.*, (2001).

La réduction de la Longueur Moyenne des Racines constatée dans nos expériences traduit l'inhibition de leur développement et de leur croissance imputables, à l'inhibition de l'émergence des racines (Chen *et al.*, 2003) causée par l'absorption de la matière active par les grains de blé. Les pesticides provoquent des effets cytotoxiques qui se traduisent par des perturbations aussi bien morphologiques que physiologiques dont l'atteinte racinaire. Dans les conditions défavorables de milieu environnant, la plante se trouve fragilisée et donc incapable de tirer le maximum de son environnement (Berova et al, 2002). Ces effets ont été rapportés dans les travaux portant sur la germination de blé où les dommages provoqués par le chlorimuron ethyl dans les racines sont plus importants que ceux observés sur les jeunes pousses, (Wang et Zhou, 2005).

Les travaux de Minta *et al.*, (2004) montrent que le carbendazime absorbé par une jeune plante pourrait en se combinant à l'Aubiline cellulaire provoqué une inhibition des fonctions microtubulaires, plus précisément au niveau de l'apex racinaire et foliaire, entraînant un retardement de la croissance tissulaire.

Le traitement par le cadmium entraîne aussi une réduction de la longueur des racines de jeunes plantes de blé surtout après 96 heures de traitement. Ce qui est en parfait accord avec les résultats de (Chugh et Sawhney, 1995; Ôncel *et al.*, 2000 et Chen *et al.*, 2003). Parallèlement, les travaux de (Chugh et Sawhney, 1995; Hegedus *et al.*, 2001; Zang *et al.*, 2002; et Stolt *et al.*, 2003); ont également souligné l'accumulation du cadmium dans les racines de blé tendre à des teneurs élevées. Ôncel *et al.*, (2000), souligne que la majorité du cadmium absorbé par les racines de blé tendre à partir du milieu environnant s'associe aux parois cellulaires et à la lamelle moyenne. Ainsi, les pectines forment une résistance à la croissance de cette lamelle en réduisant le développement de la croissance des racines.

Les résultats obtenus après application du Flamenco SC et du Tilt 250 EC sur les deux variétés GTA dur et Vitron à 48, 72, 96, et 120 heures, montrent qu'une diminution du nombre de racines est observée, cette dernière est dose dépendante. Par ailleurs, la variété Vitron semble être plus résistante que GTA dur, vis-à-vis des facteurs extérieurs défavorables, ceci est en parfait accord avec les résultats de l'ITGC, (2001).

L'étude des effets des deux fongicides sur le développement du coléoptile (tigelle) ou longueur moyenne des tigelles montre que ce dernier est beaucoup moins sensible que les racines. En effet, les résultats obtenus indiquent que la diminution observée n'est significative qu'après 96 heures de traitement avec le flamenco SC et seulement à la dose de 28,36 µg pour les deux variétés.

Cependant, le traitement par le fongicide Tilt 250 EC n'affecte la longueur des tigelles qu'après 120 heures de traitement et à la dose de 35 µg. Ainsi, le Tilt 250 EC semble être beaucoup plus efficace sur l'élongation des tigelles. Ces observations sont en accord avec les résultats obtenus par Chugh et Sawhney, (1995); Ôncel *et al.*,(2000); Chen *et al.*, (2003) et Benhamouda *et al.*, (2001). Benhamouda *et al.*, (2001), rapportent dans leur travaux sur les effets allélopathiques des extraits d'orge sur la germination et la croissance des jeunes plantes de *T. durum* et *T.aestivum*, que les tests biologiques de croissance

des plantules montrent que le blé dur répond différemment au potentiel allélopathique que l'orge, avec une sensibilité plus prononcée chez le blé tendre.

Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par Leila et *al.*, (1991) utilisant le cadmium comme xénobiotique, en effet ses travaux portant sur l'étude des métaux lourds tel que le cadmium suggère qu'à faible concentration (0,05mM), ce dernier a tendance à s'accumuler dans les racines qui se comportent comme une barrière envers sa translocation vers les parties aériennes. Par contre à des concentrations plus élevées ( $\geq 0,1\text{mM}$ ), la barrière devient inefficace, ce qui facilite le transport du cadmium vers les jeunes pousses.

La croissance de la plante est fonction de l'extensibilité de la paroi cellulaire, la conductivité de l'eau, le potentiel osmotique, le seuil de turgescence et d'autres facteurs abiotiques ou biotiques (Ôncel et *al.*, 2000). L'application des deux fongicides (Flamenco SC et Tilt 250 EC), aux différentes concentrations n'entraîne aucun effet visible sur le nombre moyen des feuilles, mais un effet traitement est noté. On constate aussi une diminution de la surface foliaire est observée chez les deux variétés traitées par les deux fongicides (Flamenco SC, Tilt 250EC). La réduction de la surface foliaire est une réponse fréquente des végétaux soumis à un stress hydrique, (Blum, 1988; Beaumont, 1995). Selon Perrier et Salkini, (1987), la réduction de la surface foliaire serait un mécanisme majeur d'évitement lors d'un stress hydrique. Benlaribi, (1990), montre un effet du manque d'eau sur la croissance qui devient faible, cet effet est appréciée par la diminution de la surface foliaire; cette variation serait un moyen d'ajustement morphologique. Selon Gherroucha et Djekoun, (1997), l'application foliaire de deux hormones (A I A et GA<sub>3</sub>) sur le blé dur, en condition de salinité donne un effet négatif sur la surface foliaire. Une réduction de la surface foliaire, est aussi enregistrée, lors de l'application de l'acide abscissique, dans la résistance du blé à la sécheresse (El Jaafari et *al.*, 1995).

Les résultats relatifs aux différents pourcentages de la germination de GTA dur et Vitron montrent une baisse assez importante observée suite aux traitements avec les deux produits fongiques au bout de 120 heures. Cependant, à faibles doses les deux fongicides utilisés affectent faiblement ce paramètre. Ce résultat est en accord avec celui de Smiley et *al.*, (1996) qui stipule que les triazolés pourraient entraîner une légère augmentation de la germination de blé à faibles doses. Les mêmes auteurs stipulent que les molécules ne se montrent inhibitrices du processus germinatif qu'à fortes doses. Il faut mentionner que la variété Vitron reste plus résistante vis-à-vis de certains agents chimiques défavorables que la variété GTA, ITGC, (2001). Ainsi certains auteurs lient le nombre de grains germés au

taux de protéines synthétisées, ce qui permet de penser qu'une atteinte oxydative au niveau des racines serait responsable peut être du retard germinatif observé (Berova *et al.*, 2002 ; Willekens *et al.*, 1997).

L'ensemble de tous ces résultats nous amène à penser que la toxicité des deux molécules fongicide est d'emblée immédiate avant même l'apparition des premières racines, lors du processus germinatif.

## **B. Effets du Flamenco SC et du Tilt 250 EC sur les paramètres biochimiques:**

Cette étude a consisté à traiter les graines de blé des deux variétés vitron et GTA et à réaliser par la suite un traitement par les deux fongicides nouvellement introduits en Algérie. L'objectif étant de suivre les modifications des différents composants dont la chlorophylle, les protéines, la proline, les différentes enzymes et particulièrement le métabolisme respiratoire.

Nous avons procédé au dosage des teneurs moyennes en chl *a* et *b*, et chlorophylle totale (*a+b*) paramètres susceptibles de nous indiquer un éventuel stress, car considérées comme bio marqueur de la toxicité des végétaux puisque des corrélations entre les densités cellulaires et les paramètres de la fluorescence photosynthétiques ont prouvé que ces dernières pouvaient être considérées comme bio marqueur de la toxicité dans le cadre de la pollution environnementale (Dewez., 2007). Les résultats obtenus montrent une stimulation du taux de chlorophylle (*a*, *b* et *a +b*) chez les deux variétés, par rapport au témoin, par ailleurs cette stimulation est plus marquée chez la variété Vitron que chez la variété GTA dur traitées par les deux fongicides. L'augmentation enregistrée dans les teneurs en chl *a*, *b* et totale (*a+b*) est proportionnelle aux doses utilisées aussi bien pour le Flamenco SC que pour le Tilt 250 EC. Cette dernière pourrait traduire une stimulation de la photosynthèse d'où la biosynthèse de la chlorophylle et par conséquent une augmentation de la teneur en sucres et de la turgescence (Prasad, 1995). La stimulation de la photosynthèse peut être également expliquée, par les besoins en précurseurs pour la synthèse de certains polypeptides spécifiques (phytochélatines) via la photorespiration (Robert et Roland, 1998; Lydia, 2004). La diminution de la surface transpirante se traduit par une réduction de la surface photosynthétique (El Jaafari *et al.*, 1995).

Nos résultats ne semblent pas concorder avec ceux de Puritch et Barker (1967) qui mettent en évidence un effet toxique de l'ammonium sur la synthèse des chlorophylles de même qu'une perturbation de l'aspect morphologique externe et interne des chloroplastes des feuilles de *lycopersicum esculentum*. Mill. ,qui apparaissent suite au traitement à l'ammonium. D'autres travaux, (Havaux, 1988; Djekoun et Ykhlef, 1996) montrent une réduction de la photosynthèse, vis-à-vis de la sécheresse. Cette réduction de la photosynthèse est liée, d'une part à la fermeture des stomates (Johnson et al ; 1984) et d'autre part, à la réduction de l'activité photochimique du PSII (effets « non stomatiques ») (Farquhar et Sarhey, 1982 ; Aboussouan- Sropian et Planchon, 1985). Tahri et al., (1997) enregistrent une diminution des teneurs en pigments chlorophylliens totaux (chl *a* et *b*) suite à un stress osmotique chez deux variétés de blé dur. (Hedegűs et al., 2001) cité par Wang et Zhou, (2005), montrent que le chlorimuron éthyl dans le sol provoque une réduction des pigments chlorophylliens. Ces résultats sont similaires à d'autres résultats obtenus par des chercheurs et qui ont porté sur les métaux lourds. L'acide abscisique appliqué sur le blé dur tend également à réduire la photosynthèse ce qui contribue à réduire le rendement. La diminution de la surface transpirante se traduit par une réduction de la surface photosynthétique. L'abaissement de la conductance stomatique par l'ABA limite la disponibilité en CO<sub>2</sub>   l'intérieur de la feuille et inhibe ainsi la photosynthèse (El Djaafari et al., 1995). Les travaux de Bensoltane et al., (2006), montrent que le traitement par NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> affecte négativement beaucoup plus le métabolisme respiratoire que la photosynthèse des mousses et des lichens. Les résultats obtenus dans notre travail concordent beaucoup plus avec ceux de Harrieche (2004), qui rapporte un effet stimulateur du cadmium sur la teneur en Chlorophylle.

Par ailleurs en se basant sur l'étude de l'analyse de la variance, pour la chlorophylle, nous pouvons conclure que le fongicide Tilt 250 EC est le plus susceptible d'induire des R.O.S et par conséquent un phénomène de stress oxydant, comme en témoignent les teneurs élevées en pigment chlorophylliens, supérieures à celles enregistrées avec le Flamenco SC.

Les résultats des dosages effectués, sur les deux variétés de blé dur (GTA dur et Vitron) après traitement au FL SC et Tilt 250 EC, montrent une augmentation significative de la teneur en protéines solubles, comparativement aux témoins et ceci avec un effet dose réponse. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la plante cherche à protéger son intégrité morphophysiological, en réponse aux dommages et effets défavorables des deux molécules en élaborant des enzymes et des protéines dont le rôle est de neutraliser les molécules

fongiques (xénobiotiques), (Gardés-Albert *et al.*, 2003). Dans notre étude, on constate une augmentation de la synthèse protéique pour le traitement au Flamenco SC à la dose de 113,4 à 226,88 µg pour V1 et à 56,72 à 226,88 µg de produit pour V2. Quant à *T. durum* traité par le Tilt, cette augmentation protéique a lieu à partir de 70 à 280 µg pour V1 et de 35 à 280 µg pour V2.

Certains auteurs, soulignent que la plante soumise à un stress abiotique, induit la production de protéines dites « protéines de stress » (Lund *et al.*, 1998) ; Hamilton et Heckathorn, 2001). Ces protéines chaperons interviennent à plusieurs niveaux :

1) Elles peuvent s'associer à la protéine en cours d'élongation et stabilise les conformations intermédiaires

2) Elles permettent la remise en forme de protéines partiellement dénaturées.

3) En modifiant temporairement la conformation des protéines pour faciliter leur pénétration dans les organites. (Guilloton et Quintard, 2003). C'est l'exemple de l'HSP70 (interviennent précocement lors de la synthèse protéique, permettant à la molécule d'acquérir sa forme native) et de la HSP.60 (agissent sur des protéines entièrement constituées, autorisant leur remise en forme, après dénaturation partielle ou leur changement de conformation). Le chlorimuronéthyle, induit une augmentation de la synthèse protéique au niveau des feuilles, après trois à quatre jours de traitement à la dose de 5 à 150 µg/kg, ceci suggère que l'activité des peroxydases (P09) permet une induction de nouvelles synthèses ainsi que la réactivation des apoprotéines préexistantes, (Wu and Von Tiedemann, 2006). Sanchez *et al.*, (2003) constatent aussi, une évolution significative du taux des acides aminés et des protéines au niveau racinaire et foliaire chez le haricot vert soumis à de fortes concentrations de NH<sub>4</sub>HO<sub>3</sub>.

Le stress du aux métaux lourds, sécheresse et pesticides, entraîne une diminution de la synthèse protéique (Gin and Acoster 1991; Wuand von Tie de mann, 2002 ; Liao *et al.*, 2000). Selon Dixon *et al.*, 2003; la détoxification des fongicides systémiques se déroule en deux étapes :

1<sup>ère</sup> étape : correspond à l'hydrolyse ou à l'oxydation ou aux deux phénomènes en même temps.

2eme étape : correspond à une multiplication de produits de la 1<sup>ère</sup> étape avec un stress ou un peptide.

Nous pensons, d'après les résultats obtenus dans notre étude, que la stimulation du taux de protéines enregistrée chez *T. durum*, traitées au Flamenco sc et Tilt 250 EC, traduit l'existence des protéines *chaperones*, synthétisées lors du stress généré par les deux xénobiotiques. Dixon *et al.*, (2003) suggèrent que les hydrolases et les oxydases synthétisés par les racines de GTA dur et Vitron, seraient à l'origine de cette stimulation protéique. Les teneurs élevées en pigment chlorophylliens seraient dû en partie à la présence de radicaux libres suite au traitement fongique, ce qui amène la plante à synthétiser davantage d'enzymes du système anti oxydant entraînant une augmentation du taux de protéines racinaires (Berova *et al.*, 2002 ; Blokhina *et al.*, 2003).

Le dosage de l'enzyme proline montre que la teneur de cette dernière chez les deux variétés GTA dur et Vitron augmente significativement, comparativement au témoin avec un effet dose réponse. Nos résultats concordent avec ceux de Bensoltane (2006) qui a enregistré une augmentation de la proline lors d'un stress du au  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  chez les mousses et les lichens. Cette accumulation, a été démontré chez de nombreuses variétés de blé et dans plusieurs types de stress (osmotiques, hydriques, thermiques) (Blum et Ebercon, 1976; Huang et Cavalieri, 1979; Hubac et Viera DA Silva, 1980; Bellinger *et al.*, 1989; Ober et Sharp, 1994).

L'application foliaire de l'IAA et  $\text{GA}_3$  et leur interaction sur la croissance du blé, sous conditions de salinité induit une augmentation de la teneur en proline en fonction des concentrations de sel, (Gherroucha et Djekoun, 1997).

D'autres auteurs tel que Tahri *et al.*, (1998) suggèrent que les quantités accumulées pourraient être liées au niveau de tolérance des organismes aux stress. La proline accumulée pourrait jouer un rôle d'osmoticum (Stewart et Lee, 1974; Kauss, 1977). La proline pourrait également intervenir dans la régulation du pH cytoplasmique ou encore constituer une réserve d'azote utilisée par la plante après la période du stress (TAI, 1979).

L'ensemble des résultats obtenus, nous permet de suggérer l'existence d'une liaison étroite entre les voies de la synthèse chlorophyllienne et celle de la proline. La chlorophylle et la proline sont deux métabolites en compétition pour un précurseur commun : le glutamate, qui peut être à l'origine de cette évolution (Bengston *et al.*, 1978; Reddy et veeranjanyulu, 1991). Sous stress abiotique, tel que la salinité ou la sécheresse, on observe une accumulation de la proline (Di Martino, 2005).

Concernant les dosages des sucres totaux, les résultats obtenus avec les deux variétés de blé dur suite aux traitements avec les deux fongicides Flamenco SC et Tilt 250 EC indiquent une augmentation nette de la teneur en sucres des séries traitées par rapport aux séries témoins et ceci avec un effet dose réponse. Les glucides sources d'énergie indispensable pour les organismes vivants sont utilisés de façon immédiate comme le glucose, ou sous forme de réserves comme l'amidon, ils possèdent aussi un rôle structural (matériau de renfort de la paroi des cellules végétales) comme la cellulose, la chitine ou l'acide hyaluronique. L'enrichissement en sucres solubles, paraît protéger les membranes de la dessiccation. (Binet, 1989). L'augmentation enregistrée aux différentes doses des fongicides est due probablement à une augmentation de la teneur en sucres et de la turgescence (Prasad, 1995).

Le dosage des enzymes intervenants dans la détoxification à savoir la catalase, l'ascorbate-oxydase et la guaiacol-peroxydase montre que le traitement par les deux fongicides a tendance à stimuler ces enzymes. Concernant la catalase cette enzyme est connue dans la réduction des taux d'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> néfastes pour l'intégrité cellulaire (Willekens et *al.*, 1997 ; Blokhina et *al.*, 2003 ).Ainsi l'absorption des matières actives contenues dans les deux fongicides seraient à l'origine de la synthèse de radicaux libres en quantités importantes générant ainsi un véritable stress oxydatif. Les résultats obtenus en présence de fortes doses traduiraient plutôt des atteintes beaucoup plus morphologiques que biochimiques (Greene, 2002). Concernant le dosage de l'ascorbate peroxydase, nous pouvons dire que cette enzyme est spécialisée dans la transformation de l'eau oxygénée en oxygène et eau en présence d'un substrat spécifique : l'ascorbate. Shigoeka et *al.* ; 2002, mettent en évidence une relation étroite entre l'augmentation de l'activité de cette enzyme et l'intensité du stress induit chez la cellule. Dans notre travail nous mettons en évidence une nette augmentation de cette enzyme lors des traitements par les deux fongicides. Il en est de même pour l'activité de la guaiacol-peroxydase dont l'évolution suit exactement celle de la GPX. Il faut cependant souligner le fait que la variété Vitron semble dans tous les cas plus résistante que la variété GTA.

La mesure des variations de l'intensité respiratoire, suite aux traitements des deux variétés de blé GTA dur et Vitron avec les deux fongicides Flamenco SC et Tilt 250 EC, montre une stimulation significative de l'intensité respiratoire des jeunes racines de blé après l'absorption des différentes substances utilisées (Millar et *al.*, 1998). La pénétration des xénobiotiques à l'intérieur de la plante serait à l'origine du déclenchement des phénomènes

de détoxification /biodégradation, ce phénomène fait appel aux oxygénases à cytochromes P450, traduit par la stimulation respiratoire observée.

A partir de la dose de 35 µg de Tilt 250 EC, et de 28,36 µg de Flamenco SC, la respiration est stimulée, par rapport à celle des racines témoins. Cette augmentation de l'intensité respiratoire devient encore plus importante aux plus fortes doses (226,88µg) pour le Flamenco SC et (280µg) pour le Tilt 250 EC. Chez la variété Vitron les résultats obtenus montrent que les intensités respiratoires enregistrées sont en constante augmentation. En effet, après 5 minutes, de respiration, et à la dose la plus élevée de Tilt EC (280µg) et de Flamenco EC (226,88 µg) on note une respiration deux fois plus élevée que celle enregistrée chez les témoins. Cette dépense d'énergie liée aux transports semble être particulièrement marquée dans les racines, dont le contact avec le sol facilite les pertes d'ions, qui doivent continuellement être réabsorbées (processus représentant de 25 à 50 % du cout respiratoire du transport des ions [27]. L'augmentation de la respiration du triticale (variété Vitron) en présence de Tilt 250 EC, et de Flamenco SC, peut correspondre à une disponibilité accrue de substrats respiratoires libérés par le ralentissement de la croissance des parties aériennes sur la biomasse des racines (Bouraoui et al., 1998).

Dans notre cas, on peut supposer que le maintien de la vitesse d'élongation de la racine du triticale (chez la variété Vitron) en présence de Tilt 250 EC et de Flamenco SC, se fait au prix d'une augmentation de la consommation énergétique de la racine. Il faut savoir que lorsqu'une plante subit un phénomène de stress, il s'y trouve un dérèglement de la photosynthèse, voire d'autres métabolites, et par conséquent une baisse de rendement. Le végétal doit donc synthétiser : des osmoprotéctants, des protéines spécifiques et des acides gras.

Nous pouvons également souligner, que lors de la pénétration du xénobiotique à l'intérieur de la cellule, et plus précisément dans la mitochondrie, une augmentation de la respiration a lieu. Selon Grene, (2002), Kiss et *al.*,( 2003),. Kuciel et Mazurkiewicz, (2004); les R.O.S dérivent du métabolisme respiratoire et photosynthétique cela expliquerait les corrélations positives entre l'intensité respiratoire et la synthèse chlorophyllienne observées dans notre travail.

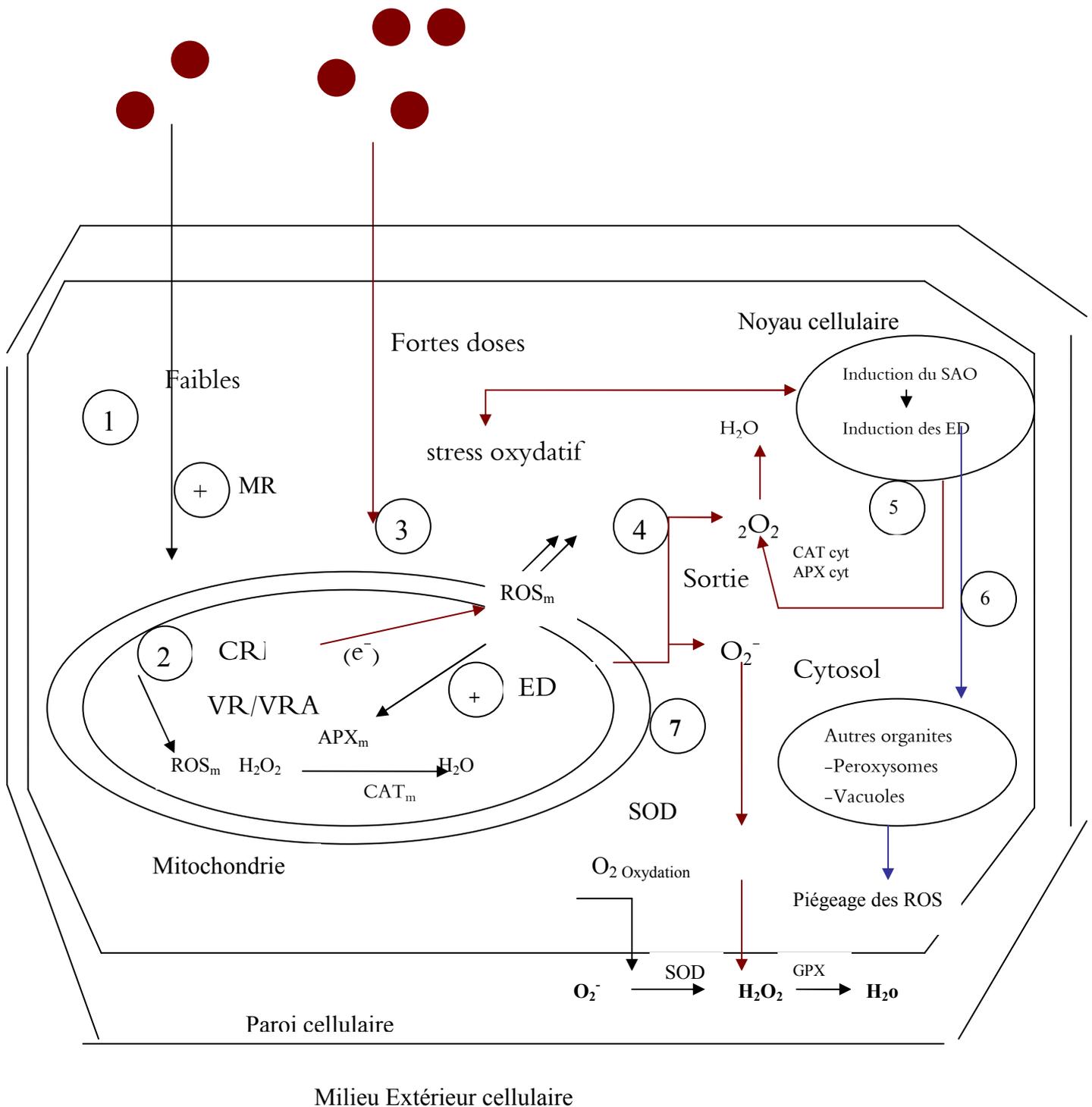
Cependant et contrairement à nos résultats, il n'est toujours pas vrai ou évident, qu'un xénobiotique, entraîne une stimulation de l'intensité respiratoire (IR), ce même xénobiotique pourrait endommager cette respiration. L'un des mécanismes de défense contre les phénomènes de pollution chez les végétaux supérieurs, c'est au contraire une diminution de l'activité respiratoire suivie d'une augmentation des teneurs en cytochrome P450 produits lors de la production de l'anion superoxyde (Gardés -Albert et al., (2003).

Les résultats que nous avons obtenu dans notre travail, nous permettent de suggérer que les mitochondries de *T. durum* variété GTA dur et Vitron, n'ont pas été touchées par la pénétration du xénobiotique, et donc la respiration aussi n'a pas été affectée, plus l'intensité respiratoire est importante et plus la mitochondrie continue de pomper l'ATP nécessaire à la détoxification.

L'effet inhibiteur de la respiration des mousses et des lichens (Bensoltane, 2006) s'expliquerait par un découplage de la phosphorylation oxydative au niveau de la dernière étape de l'oxydation respiratoire, c'est à dire lors du transport des électrons vers la molécule d'oxygène. Il s'en suit alors une inhibition de la respiration malgré un fonctionnement normal de l'ATPase membranaire (Djebar, 2000).

Les teneurs élevées en sucres, protéine, proline, chlorophylle, sont d'autant plus importantes, que le nombre de racines est amoindri, ceci s'expliquerait par la présence de quantités importantes de R.O.S dans les racines (Berova et al., 2002). La génération des R.O.S pourrait expliquer une majeure partie des dégâts ou dommages toxiques touchant les différentes cellules des tissus racinaires au cours des premières étapes de leur développement conduisant à un ralentissement de la croissance (Smiley et al., 1996).

L'ensemble de ces observations suggère que l'étroite corrélation observée entre stimulation du métabolisme respiratoire et l'activité photosynthétique d'une part et les fortes activités enzymatiques antioxydantes d'autre part, pourrait être à l'origine de la synthèse de ROS générés suite au stress oxydatif produit par le traitement des racines isolées de blé par les deux fongicides le Flamenco SC et le Tilt 250 (Figure Hypothèse). Dans cette optique le passage de la matière active à l'intérieur de la cellule racinaire va provoquer une stimulation du métabolisme respiratoire avant d'atteindre la chaîne respiratoire mitochondriale où il provoque une perturbation du transport des électrons inhibant ainsi la voie respiratoire normale et stimulant par voie de conséquence la voie respiratoire alternative. Cet effet sur la chaîne respiratoire va générer des ROS ( $O_2^-$ ) qui à faibles doses vont être pris en charge par les enzymes de détoxification que sont la CAT et l'APX. Dans cette hypothèse, les doses élevées de fongicides vont affecter le fonctionnement mitochondrial (mitochondrie) qui va libérer les ROS produits dans le cytoplasme induisant ainsi un stress oxydatif cytoplasmique. Lequel stress va induire à son tour au niveau du noyau la mise en marche du système antioxydant à travers la synthèse de GPX, APX et CAT. Ces enzymes à leurs tours vont contribuer à éliminer les ROS et à les transférer à l'extérieur de la cellule.



**Figure 51.** Schéma hypothétique des modulations métaboliques engendrées par les deux fongicides Flamenco SC et Tilt 250 EC chez les cellules de racines isolées de blé dur. (Meksem et Djebar, 2007).

**Légendes :** APX<sub>c</sub> / APX<sub>m</sub> / Ascorbate- Peroxydase cytoplasmique / mitochondriale. GPX : Guaicol – Peroxydase. CAT<sub>c</sub> / CAT<sub>m</sub> : Catalase cytoplasmique / mitochondriale. SOD : Voie Respiratoire Normale / Alternative. CRM : Chaîne Respiratoire Mitochondriale. ED : Enzyme de Détoxification ROS : Réactive Oxygen Species. SAO : système antioxydant.

1. Millar et al., 1998; 2. Youbi, 2006; 3. Greene, 2002; 4. Kuciel and Mazurkiewicz, 2004, 5. Gardès-Albert et al., 2003; 6. Kiss et al., 2003, 7. Shigeoka et al., 2002.

# CONCLUSION GENERALE

## Conclusion Générale

Les expérimentations ont été menées chez des grains de *T.durum* en vue d'évaluer l'efficacité de deux fongicides, le Flamenco SC et le Tilt 250 EC (Azolés) sur la morphométrie, la physiologie et la biochimie chez deux variétés de blé dur, GTA dur et Vitron. .

Pour les longueurs moyennes racinaires, traitées au Flamenco SC, On enregistre des différences non significatives uniquement pour le temps 48 h, alors qu'on constate des différences significatives pour chacun des trois autres temps (72 h, 96 h, et 120 h) et ceci pour les deux variétés de blé. D'autre part des différences justes significatives sont enregistrées, entre les deux variétés de blé pour les doses D<sub>0</sub> et D<sub>1</sub> pour 48h et entre variétés pour les autres doses et pour tous les autres temps, excepté pour la dose D<sub>3</sub> à 120 heures, où les différences sont justes significatives.

Il est indiqué pour chacune des deux variétés de *T. durum* : GTA dur et Vitron, et pour chaque dose du fongicide des différences significatives, entre les quatre temps, concernant les longueurs

Les longueurs moyennes racinaires, traitées au Tilt 250 EC, indiquent des différences significatives à très hautement significatives, entre doses pour la LMR et ceci pour chaque temps et chaque variété de *T. durum*.

D'autre part on observe des différences justes significatives, entre variétés, uniquement pour les doses D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> et D<sub>3</sub> à 96 h et pour la dose D<sub>1</sub> à 120 h. Pour les autres doses et les autres temps, il n'existe pas de différences significatives.

Par ailleurs, pour chaque dose du fongicide et pour chaque variété, on constate des différences significatives, entre les quatre temps, pour V1, V2.

Les longueurs moyennes des tigelles montrent que Les moyennes les plus faibles sont enregistrées pour les 48 h et elles augmentent avec le temps, et ceci pour les deux variétés de blé dur.

On observe qu'il n'existe pas de différences significatives, entre doses, pour 48 h et 72 h, alors qu'il existe des différences très hautement significatives pour 96 h et 120 h et cela pour chacune des deux variétés de blé dur.

Par ailleurs, aucune différence significative, entre variétés, pour le **L.M.T**, et ceci quelque soit la dose du fongicide Flamenco SC et quelque soit le temps pris en considération, n'est observée.

Quant au nombre moyen de racines, traité au Flamenco SC celui-ci montre que Les comparaisons, entre doses, des nombres moyens de racines fait ressortir des différences non significatives pour 72 h pour la variété **Vitron** et pour 96 h pour la variété **GTA dur**.

Pour tous les autres temps, il existe des différences hautement significatives à très hautement significatives. La comparaison, inter-variétales, du nombre moyen de racines obtenus pour chaque dose du fongicide Flamenco SC, n'indique pas de différences significatives pour 48 h et 72 h, alors que pour 96 h on distingue des différences significatives pour D<sub>3</sub> et D<sub>4</sub> et pour 120 h des différences significatives pour D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> et D<sub>4</sub>.

Par ailleurs on retrouve, pour chacune des deux variétés de *T. durum* et pour chaque dose du fongicide des différences significatives, entre les quatre temps, concernant sur le nombre moyen de racines.

Le traitement au Tilt 250 EC, indique qu'il n'y a pas de différences significatives entre doses pour la variété GTA dur pour tous les temps, alors que pour la variété Vitron, on distingue des différences significatives pour 96 h et 120 h. Et pas de différence significative, entre les deux variétés, et ce quelque soit la dose du fongicide Tilt et quelque soit le temps considéré.

Par ailleurs, pour chaque dose du fongicide, et pour chacune des deux variétés, des différences significatives, sont enregistrées, entre les quatre temps, concernant sur le nombre moyen de racines

Les tests appliqués sont l'analyse de la variance et le test t de STUDENT, sur Le nombre moyen de feuilles ressortent Les comparaisons, entre doses, ne donnent aucune différence significative pour les deux variétés de blé dans le cas du fongicide Tilt 250 EC ; alors qu'il existe des différences justes significatives pour la variété Vitron dans le cas du fongicide Flamenco SC .

On enregistre des différences significatives, entre les deux variétés, pour les doses  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  et  $D_4$  dans le cas du Flamenco SC, et aucune différence significative pour le fongicide Tilt 250 EC. Pour ce qui est de La surface foliaire, des différences très hautement significatives, sont enregistrées dans la comparaison des surfaces moyennes, entre doses, pour chaque variété de blé et pour chaque fongicide. Aussi, il existe des différences non significatives, uniquement pour les doses  $D_0$  et  $D_3$ , entre les deux variétés de blé dur pour le fongicide Flamenco SC. Par contre, dans le cas du fongicide Tilt 250 EC, il existe chaque fois des différences très hautement significatives.

La comparaison des moyennes, sur Le pourcentage de germination, indique l'existence de différences hautement à très hautement significatives, entre doses, pour chacune des deux variétés de blé dur et pour chaque fongicide étudié.

Par ailleurs, des différences significatives, entre variétés, justes pour la dose  $D_4$  au niveau du fongicide Flamenco SC sont enregistrées. Alors qu'il existe des différences significatives pour les doses  $D_0$ ,  $D_1$  et  $D_4$  pour le fongicide Tilt 250 EC.

Le métabolisme respiratoire avec le traitement au Flamenco SC .nous indique qu'il n'existe pas de différences significatives pour tous les temps chez le blé dur GTA dur ; alors qu'il existe des différences très hautement significatives uniquement pour la période 120 h chez la variété Vitron..

Par ailleurs, la comparaison, entre temps, du métabolisme respiratoire (**MR**) pour chacune des doses du Flamenco SC révèle qu'il existe des différences significatives seulement pour la dose  $D_3$  chez la variété GTA dur ; alors que chez la variété Vitron il existe des différences significatives à très hautement significatives pour les doses  $D_0$ ,  $D_2$ ,  $D_3$  et  $D_4$ . Seule la dose  $D_1$  ne présente pas de différences sigificatives.

Cependant, la comparaison des moyennes du (**MR**), entre variétés, pour la même dose et à différents temps ne donne que des différences hautement significatives au niveau de 120

h et pour les doses D<sub>2</sub> et D<sub>4</sub>. Pour les autres doses et pour les différents temps aucune différence significative entre variétés n'est enregistrée.

Les manifestations cytotoxiques mises en évidence touchent le système antioxydant ainsi que le MR. Par conséquent, les deux fongicides Flamenco SC et Tilt 250 EC entraînent un phénomène de stress oxydatif chez le blé dur accompagné d'une stimulation du MR. Les résultats obtenus nous permettent également de constater une différence inter variétale par rapport à la réponse aux différents traitements ou la variété Vitron semble plus résistante que GTA dur.

Les comparaisons du métabolisme respiratoire (traités au Tilt 250 EC) indiquent des différences très hautement significatives pour **GTA dur** à 72 h, et des différences significatives pour **Vitron** à 96 h.

Toutes les autres comparaisons ne présentent aucune différence significative entre doses.

La comparaison, entre temps, pour les différentes doses du fongicide, on constate qu'il existe des différences hautement à très hautement significatives pour la variété GTA dur, et des différences significatives à hautement significatives pour la variété **Vitron**. Seule la dose D<sub>0</sub> ne donne pas de différences significatives pour **Vitron**. La comparaison, entre variétés de blé dur, sur le (MR) moyen, fait apparaître uniquement au niveau de la dose D<sub>0</sub> et à 72 h et à 96 h des différences hautement significatives.

Pour toutes les autres doses et pour les différents temps aucune différence significative n'est signalée.

La teneur en chlorophylle a, b et totale (*a+b*) cas du Flamenco SC démontre l'existence de différences hautement à très hautement significatives, entre doses, pour chacune des deux variétés de blé dur et pour chaque type de chlorophylle.

La chl *a*, présente des différences significatives à très hautement significatives, entre variétés, pour toutes les doses du fongicide **Flamenco SC**. Il en est de même pour la chl *b*, excepté pour la dose D<sub>4</sub> ou il n'y a pas de différences significatives. Pour la chl (*a + b*), seule la dose D<sub>2</sub> indique des différences significatives entre variétés de blé dur.

La comparaison des moyennes de chacune des trois chlorophylles, entre doses, et pour chacune des deux variétés de blé dur traitées au Tilt 250 EC, révèle qu'il existe des différences très hautement significatives, sauf pour la variété **GTA dur** et pour la chl ( $a+b$ ) ou il n'y a pas de différences significatives.

D'après STUDENT, seule la dose  $D_1$  ne présente pas de différences significatives, entre les deux variétés de blé dur, concernant la chl ( $a + b$ ). Toutes les autres doses du fongicide en question indiquent des différences très hautement significatives, entre variétés, pour les chlorophylles étudiées.

L'étude biochimique montre que les deux molécules fongiques en traitement chez *T. durum*, entraîne une stimulation comparativement aux témoins, des chlorophylles  $a$ ,  $b$  et totale ( $a+b$ ); des protéines des sucres de la proline et de l'Activité enzymatique : (CAT, GPX, APX).

Les manifestations cytotoxiques mises en évidence touchent le système antioxydant ainsi que le MR. Par conséquent, les deux fongicides Flamenco SC et Tilt 250 EC entraînent un phénomène de stress oxydatif chez le blé dur accompagné d'une stimulation du MR. Les résultats obtenus nous permettent également de constater une différence inter variétale par rapport à la réponse aux différents traitements ou la variété Vitron semble plus résistante que GTA dur.

Le suivi, du métabolisme respiratoire, nous a permis de déduire une stimulation de la respiration, suite aux différents traitements.

Par ailleurs, le dosage des différents métabolites à savoir, les protéines, les glucides, proline, et activité enzymatiques (CAT, APX, GPX) a révélé une stimulation de ces métabolites.

Le maintien de la croissance du plant, et la stimulation de la respiration en présence de Flamenco SC et Tilt 250 EC semblent correspondre à un des facteurs de tolérance de la variété Vitron par rapport à la variété GTA dur.

En se basant sur les résultats obtenus, nous estimons que le Flamenco SC et le Tilt 250 EC pourraient être des molécules à choisir dans le cadre d'un programme de lutte anticryptogamique raisonnée contre les champignons micro et macroscopiques.

Néanmoins, sachant que toute molécule fongique utilisée à long terme, finit par aboutir à des phénomènes de résistance, il serait judicieux d'utiliser le Flamenco SC ou le Tilt 250 EC en alternance avec d'autres molécules non polluantes.

### **Perspectives.**

Au terme de cette étude, plusieurs points importants restent à préciser. Il serait en effet intéressant de réaliser des coupes microscopiques afin de mettre en évidence d'éventuels dommages pouvant résulter du traitement par les deux fongicides ; une telle étude devrait aussi être réalisée sur d'autres végétaux beaucoup plus sensibles que le blé et non ciblés par les xénobiotiques étudiés. Enfin, il reste aussi à élucider la nature exacte des enzymes intervenant lors du déclenchement du phénomène de détoxification. Toutefois, l'hypothèse formulée dans ce travail sur le rôle joué par le métabolisme respiratoire dans le phénomène de détoxification des racines isolées ne semble pas incompatible avec l'existence d'activités enzymatiques de détoxification localisées au niveau des membranes des cellules racinaires.

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agriculture and Agri Food Canada., 2004. Algérie, Profil du secteur agroalimentaire aperçu statistique pages: 1-7.
- Anonyme 1996. Ministère des classes moyennes et de L'agriculture de Belgique. Liste des pesticides à usage agricole agréés. Ministère des Classes Moyennes et de l'Agriculture: Bruxelles, 504p.
- Anonyme 1 2003. Flamenco SC, fongicide d'aventis cropsiences Tunisie.
- Anonyme 2003. Aventis cropsiences Maroc, une nouvelle vision pour l'Agriculture.
- Anonyme, Fait et chiffres sur l'alimentation et la biodiversité. 2004.
- Anonyme, blé dur un article de wikipédia, l'encyclopédie libre 2006.
- Arnon D.I., 1949. Cooper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxylase in *Beta vulgaris.Plant Physiol.* **24** : 1-25.
- Aubertot J.N., J.M.Barbier,A. Carpentier, J.J. Grill, L.Guichard, P. Lucas, S. Savary, I. Savini, 2005.  
M. Voltz(eds),
- Beaumont P., 1995. Reflexion foliaire et acclimatation à un déficit hydrique : cas des feuilles de tournesol. Thèse. Doct.écologie et teledétection. Univ. Paul Sabatier. Toulouse. 126 p.
- Bellinger Y.,A.Bensaoud & F.Larher.,1989.Physiology breeding of winter cereals for stress environments Colloque,N°3, Montpellier,France.
- Benhamouda, M., Ghobal, H., Kremar, R.J. 2001. Allelgsathic effects of barley extracts on germination an ace ling growth of brearon durum wheats. Agronomies 21.65-71.  
INRA. Ed.  
Sciences.
- Benlaribi M., 1990. Adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum DesF*). Etude des

- caracteres morphologiques et physiologiques Th. Doct. D'état Univ. de Constantine.
- Bensoltane S., Evaluation de la toxicité du nitrate d'ammonium (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) sur différents modèles biologiques : Mammifères, Végétaux, et Protistes ciliés. Thèse de doctorat d'état en Ecotoxicologie Animale. Université Badji Mokhtar Annaba.
- Berova M., Ziatev Z, Stoeva N., 2002. Effect of paclobutrazol on wheat seedlings under low temperature stress. *Bulg. J. Plant Physiol.* (28): 75-84.
- Binet P., 1989. Métabolisme et adaptation des végétaux supérieurs aux contraintes hydriques, thermiques et salines. *Bull. Ecol.* T.20.1 : pp 41-49.
- Blokhina, O., (2000). Anoxia an oxidative stress: lipid Peroxidation, antioixidant status and mitochondrial functions in plants. Doctorale thesis, University of Helsinki, 11-33.
- Blum A., 1988. Plant breeding for stress environments. BOCA Reaction , Florida. Ed C.R.C. press inc.223 p.
- Boscoloa P., Menossib M. & Renato Jorgea A., 2003. Aluminium-induced oxidative stress in maize. *Phytochemistry*, **62**: 181-189.
- Bradford M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilising the principal e of protein –dye binding. *Analytical Biochemistry*, (7): 248-254.
- Brodeur J., 2007. Principe et application de la lutte biologique. Colloque sur la lutte biologique et intégrée en foresterie 19-21mars, Cannada. Quebec.
- Bulletin bimensuel, 2000. Le blé dur en Afrique du nord. 13 (11) : 1-4
- Carter A., 1987. Propiconazole. Ottawa (Ontario).
- Changes in antioixidant metabolism of *Vigna unguiculata* (L.) walps by propiconazole under water deficit stress. *Colloides and sufaces B. Bio Interfaces* 57. 69,74.
- Chen Y. X. , He Y. F., Luo Y. M., Yu Y. L., Lin Q. and Wong M. H., 2003. Physiological mechanism of plant roots exposed to cadmium. *Chemosphere*, 50: 789-793.
- Chugh L. K. and Sawhney S. K., 1995. Effect of cadmium on germination, amylases and rate of respiration of germinating pea seeds. *Environmental pollution*, 92 (1): 1-5.
- CNUCED, 2007. Composition moyenne pour 100 g de blé.

- CNUCED, FAO.2007. Evolution des rendements de blé à l'hectare entre 1961 et 2005
- Dagnelie P.,1999.Statistique théorique et appliqué : Tome 2. Edition : Université DE BOECK et Larcier, Belgique, 450 p.
- Dewez D., Didur O., Vincent-Heroux J., Popovic R., 2007. Validation of photosynthetic-fluorescence parameters as biomarkers of isoproturon toxic effect on *algae* *scenedesmus obliquus*. Department of Chemistry, Environmental Toxicology Research Center. TOXEN, 2101, Montreal, Quebec, Canada.
- Di Martino Catello., Pizzuto Roberto., Pallota Maria Luigia., De Santis Aurelio., and Salvaore Passarella., 2005. Mitochondrial transport in proline catabolism in plants : the existence of two separate translocators in mitochondria isolated from durum wheat seedlings. Article *Planta*. 0032-0935.
- Djebar, M.R. et Djebar, H. 2000. Bioénergétique : mitochondries végétales.Synthèse, Publication de l'Université Annaba - Algérie, pp. 23-25.
- Djekoun, A. Et Ykhlef, N., 1996. Déficit hydrique, effets stomatiques et non stomatiques et activité photosynthétique chez quelques génotypes de blé tetraploides. Dans : 3<sup>ème</sup> Reunion du réseau SEWANA, de blé dur, IAV Hassan II, 6-7 décembre 1996.
- Dixon D. P.Mc Ewen A. G., Laphorn A. J.and Edwards R., 2003. Forced evolution of a herbicide detoxifying Glutathione Transferase. *The journal of Biological Chemistry*, 278, (26) : 23930-23935.
- Dreier W. & Goring M., 1974. Die in fluss hoher salzkonzentrationen auf verschiedene physiologische parameter von maiswurzeln *wiss. Z. der HU. Berlin Nath. Naturwiss R.*, **23**: 641- 644.
- Egaas E., 1995. Propiconazole and dietary components as specific inducers of glutathione S-transferases in *orthosiphon gothicum*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **53**,42-48.

- Egaas E., Sandvik M., Fjeld E., Talqvist T., Goksoyr A. & Svensen A., 1999. Some effects of the propiconazole on cytochrome P450 and glutathione S-transferase in brown trout (*Salmo trutta*). *Comparative biochem. Physiol. P.C.* (122): 337-344.
- Essoh Ngando, J., De Lapeyre de Bellair L. et Fouré E. 2006. La lutte chimique raisonnée contre la maladie des taches noires au Cameroun. Evolution de la résistance aux fongicides. 8<sup>e</sup> conférence internationale sur les maladies des plantes 5,6 décembre, France.
- Ezzahiri B., 2004. Les maladies du blé : identification, facteurs de développement et méthodes de lutte. Bulletin mensuel d'information et de liaison du programme national de transfert de technologie en Agriculture. N° (77) : 1-2.
- Farquhar, G. D. et Sharkey. T.D., 1982. Stomatal conductance and photosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 33 : 317-345.
- Feillet., 2000. Le grain de blé. Composition et utilisation. Edition INRA. 58-75; 196-198.
- Feldman M. 1976. Taxonomic classification and names of wild, primitive, and modern cultivated wheats. *Evolution of plants*. Longman, London. 120-128.
- File://G/BTTA/maladies/du blé.htm
- Gardés-Albert M., Bonnefont-Rousselot D., Abedinzadeh Z. et Jore D., 2003. Espèces réactives de l'oxygène. *L'actualité chimique*, pp.91-96.
- Gerblé: 2007. Site [www.gerble.fr](http://www.gerble.fr). Fr.
- Gherroucha H., Djekoun A., 1997. Effet de l'application foliaire de IAA et GA<sub>3</sub> et leur interaction sur la croissance du blé (*Triticum durum* Desf. Var Leucomilan, AL) en conditions de salinité.
- Gin C. and Acoster D. (1991): Dithranol-induced cytotoxicity in primary cultures of rat epidermal keratinocytes: I. The role of reactive oxygen species. *Tox. Appl. Pharm.* 107 (1), 16-26.
- Gothier R., 2007. Lutte intégrée dans le secteur des pépinières. Obligations et problématiques. Colloque sur la lutte biologique et intégrée en foresterie. 19-Québec Canada.
- Graybill J.R., 2000. Systemic antifungal drugs. *Revista Iberoamericana de Micologia.* 69:69-175.

- Greene R., (2002). Oxydative Stress and Acclimation Mechanisms in Plants. The American Society Of Plant Biologists. The Arabidopsis Book, 1-20.
- Guilloton M., et Quintard B., 2003. Biochimie. Licence 1ere et 2ème année. Prépas. PCEM. Pharmacie. Dunod, Paris. 192 pages.
- Hamilton W. and Heckathorn S., 2001. Mitochondrial Adaptations to Na Cl. Complex I is protected by anti oxidants and small heat shock proteins whereas complex II is protected by proline and betaine. *Plqnt Physiologym* Vol. 126m pp.1266-1274.
- Hamoir J., Goret M., Mignon B., Gustin P. 2001. Actualité sur les antifongiques enregistrés en Belgique dans le cadre du traitement des dermatophytoses chez les carnivores domestiques. *Ann. Méd Vét.*, 145 :226- 232.
- Harrieche O., 2004. Impact du Cadmium et de l'interaction Cadmium - Calcium sur la germination et la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf., variété Vitron). Effets sur la respiration des racines. Mémoire de Magistère en Biologie .Université Badji Mokhtar Annaba.
- Hazmoune T., 1998. Erosion des variétésde blé dur cultivées en Algérie. Perspectives. Pages : 291 294.
- Havaux M., 1988. Effects of temperature on the transitions between state 1 and state 2 in intact maize leaves. *Plant Physiol. Biochem.*, 26 : 245-251.
- Hegedüs A. Erdei S. & Horvath G. 2001. Comparative studies of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> detoxifying enzymes in green and greening barley seedlings under cadmium stress. *Plant science*, 160 (6): 1085-1093.
- Hiner A., Ruiz J., Lopez J. N., Arnao M.B. Raven E. I., Canovas F. G. & Ascota M., 2002. Kinetic study of the Ascorbate-peroxidase by hydrogen peroxide. *Biochem. J.*, **348**: 321-328.
- Holden M.,1975 Chlorophylls in chemistry and biochemistry of plant pigment. 2<sup>nd</sup> edition, TW. Goodwin. Edition Academic Press New York, pp 133.
- Hoverou H.N.L 1973 Ecologie, démographie et production globale dans les pays mediteranneens du tiers monde.

- Huang H. C. A. and Cavalieri A. J. (1979): Proline metabolism during water stress in mulberry. American Fern Journal 74. (2) 37-39.
- [http:// www.idrc.ca/ Fr/ev.2004](http://www.idrc.ca/Fr/ev.2004)
- <http://Fr.wikipédia.Org/wiki/B1%C3%A9dur>.
- Hubac S., Viera D., 1980. Action de la proline exogène sur l'activité de la voie du glycolate chez *Nicotiana tabacum* cv. Xanthi n.c. *Physiologia Plantarum* (3) 50:255.
- I.T.G.C., 2001. Stades et variétés de blé. Ministère de l'agriculture Algérie. Document de vulgarisation, pp. 18- 20.
- Johnson, R.C., Nguyen, H.T. et Croy, L. I. 1984. Osmotic adjustment and solute accumulation in two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Sci.*, 24 : 957-962.
- Kauss, H., 1977. Biochemistry of osmotic regulation. In: *Plant Biochemistry II: International Review of Biochemistry*, University Press 13:119–140.
- Kiss S. A., Varga I. S., Galbacs Z., Maria T. H. and Csikkel-Szolnoki A.; 2003. Effect of age and magnesium supply on the free radical and antioxidant content of plants. *Acta Biologica Szegediensis*, 47, (1-4): 127-130.
- Konwick B J., Garrison A. W., Avants J. K., & Fisk A.T., 2006. Bioaccumulation and biotransformation of chiral triazole fungicides in rain bow trout (*Oncor hynchus mykises*). *Aquatic Toxicology*. (80): 372-381
- Kuciel R. and Mazurkiewicz A., 2004. Formation and detoxification of reactive oxygen species. *biochemistry and molecular biology education*, 32 (3) : 183-186.
- Leita L., Contin M. et Maggioni A., 1991. Distribution of Cadmium and induced Cd-binding proteins in roots, stems and leaves of *Phaseolus vulgaris*. *Plant sciences*, 77 : 139-147.
- Lidia B. Vysotskaya., Tatyana N., Leila N. Timergalina, Aleksandr V. Dedov, Stanislqv Yu .. 2004. Effect of partial root excision on transpiration, root hydraulic conductance and

leaf growth in wheat seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry* . Vol 42 (3) :  
251-  
255.

Leroux P, 2003. Mode of action of agrochemicals towards plant pathogenes. *C.R. Biologies*. 326;  
9-21. Leroux P, 2004. Mode d'action des fongicides et phénomène de résistance .INRA Versailles  
Grignon : 12.www.phyto.Versailles.inra.fr/recherche/phytopharmacie/fongicides/.

Liao D.Hilary F. Clark, Austin L. Gurney, Evangeline Abaya, Kevin Baker, Daryl Baldwin,  
Jennifer  
Brush, Jian Chen, Bernard Chow, Clarissa Chui, Craig Crowley, Bridget Currell,  
Bethanne  
Deuel, Patrick Dowd, Dan Eaton, Jessica Foster, Christopher Grimaldi, Qimin Gu,  
Philip E.  
Hass, Sherry Heldens, Arthur Huang, Hok Seon Kim, Laura Klimowski, Yisheng Jin,  
Stephanie Johnson, James Lee, Lhney Lewis, Melanie Mark, Edward Robbie, Celina  
Sanchez, Jill Schoenfeld, Somasekar Seshagiri, Laura Simmons, Jennifer Singh,  
Victoria  
Smith, Jeremy Stinson, Alicia Vagts, Richard Vandlen, Colin Watanabe, David  
Wieand,  
Kathryn Woods, Ming-Hong Xie, Daniel Yansura, Sothy Yi, Guoying Yu, Jean Yuan,  
Min  
Zhang, Zemin Zhang, Audrey Goddard, William I. Wood and Paul Godowski 2000.  
*The*  
*Secreted Protein Discovery Initiative (SPDI), a Large-Scale Effort to Identify Novel*  
*Human*  
*Secreted and Transmembrane Proteins: A Bioinformatics Assessment* . Departments of  
Bioinformatics, Molecular Biology and Protein Chemistry, Genentech, Inc., South San  
Francisco, California 94080, USA 13:2265-2270.

Lidia B. Vysotskaya., Tatyana N., Leila N. Timergalina, Aleksandr V. Dedov, Stanislav Yu  
,  
2004. Effect of partial root excision on transpiration, root hydraulic conductance  
and  
leaf growth in wheat seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry* . Vol 42 (3) :  
251-  
255.

- Loggni B., Scartazza A., Brugnoli E. & Navari-Izzo F., 1999. Antioxydative defence system, pigment composition, and photosynthétic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. *Plant physiology*, **119**: 1091-1099.
- Lund A. A., Blum P. H., Bhatramakki D. and Elthon T.E.,1998. Heat-Stress response of maize mitochondrial. *Plant Physiol.* 116 : 1097-1110.
- Lupher D., Davis L . C. ad Erickson L. E., 1999. Effect of benzotriazoles on sunflowers and fescue. Proceedings of the conference on hazardous waste research, pp. 210-214.
- Luquet F.M., Goursaud . J., Casalis J. 1973. Les résidus de pesticides organochlorés dans les laits animaux et humains. Mémoires originaux, mémoire de thèse de doctorat, INRA (I.L.) : 450
- Lyman C, Walsh T. 1992. Systemically administered antifungal agents. A review of their clinical pharmacology and therapeutic applications. *Drugs*; 44: 9-35.
- Manivannan P., Abduljaleel C., Kishocekumar A., Saukar B., Somasundaram R., Sridharam R. & Panneersel vam R. 2007. Changes in antioxidant metabolism of *Vigna unguiculata* (L.). walp.By propiconazole under water deficit stress. *Colloides and surfaces B. Bio interfaces* 57.69,74.
- Markelewicz R. J., Hall S. J. and Boekelheide K., 2004. 2, 5-Hexanedione and Carbendazim Coexposure Synergistically Disrupts Rat Spermatogenesis Despite Opposing Molecular Effects on Microtubules. *Toxicologicl Sciences*, 80: 92-100.
- Millar A H.,Atkin O.K.,Menz R. I.,Henry B.,Farquhar G.and Day D.A., 1998. Analysis of Respiratory Chain Regulation in Roots of Soybean Seedling. *Plant Physiol.***117**: 1083-1093.
- Bouraoui, N., Grignon, C., et Zi, A. (1998). L'effet de NaCl sur la croissance et la respiration racinaire de Triticale. *Cahier d'Agriculture.* 7 : 372-376.

- Minta, M., Wilk, I. & Zmudzk, J., 2004. Embryotoxicity of carbendazim in rat and hamster micromass cultures. *Bull. Vet. Inst. Pulawy*, 48: 481-484.
- Mosiniak M., Prat R. et Roland J.C. 2006. Du blé au pain, U.F.R. Biologie, U. P. M. C. pages 1-10.
- Nishitani K. (2002): Genome-based approach to study the mechanism by which cell-wall type is defined and constructed by means of cell a rescative actions of wall related enzymes. *J. Plant Res.* 115,303-307.
- Ober ES, Sharp RE. 1994 Proline accumulation in maize (*Zea mays* L.) primary roots at low water potentials. I. Requirement for increased levels of abscisic acid. *Plant Physiol* **105**: 981-987.
- Oncel I., KELES Y. and Ustun A. S., 2000. Interactive effects of temperature and heavy metal stress on the growth and some biochemical compounds in wheat seedling. *Environmental pollution*, 107: 315-320.
- Paul M. H., Planchon C. & Ecochard R., 1979. Etude des relations entre le développement foliaire, le cycle de développement à la productivité chez le Soja. *Ann. Amelio. Plantes* **29 (5)** : 479-492.
- Perrier ER. And AB. Salkini., 1987. Movement of water in soils in supplemental irrigation in the near east and nord Africa. Proceeding of work shop on regional consultation. ICARDA and FAO. Rabat, Maroc, 7-9 décembre. Ed. ICARDA Kluwer .Acad. Publishers : 107-121.
- Prasad M. N. V., 1995. Cadmium toxicity and tolerance in vascular plants. *Environmental and experimental botany*, 35 **(4)** : 525-545.
- Puritch G.S. and Barker A.V. 1967. Structure and function of leaf tomato chloroplasts during ammonium toxicity. *Plant. Physiol.* **(42)** : 1229-1238.
- Robert D. et Roland J.C., 1998. Organisation cellulaire : Biologie végétale. Ed Doin, Vol.1, pp

125-345.

Samir El Jaafari., Philippe Lepoivre., Jean Semal 1995. Implication de l'acide abscissique du blé

à la sécheresse. Quel avenir pour l'avenir des plantes .Ed AUPELF-UREF. Pp141-148.

Sanchez, E., Rivero, R.M., Ruiz, J.M. et Romero, L., 2004. Changes in biomass activity and protein concentration in roots and leaves of green bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.cv.Stike) under high  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  Application rates. *Scientia Horticulturae*, (99) : 237-

248.

Schiels R. & Burnett W., 1960. Determination of protein bound carbohydrate in serum by a modified

anthrone method *Anal. Chem.* **32**: 885-886.

Shigeoka S, Yukinori Y, Takashi M, Kazuya Y, Toru T, Takahiro I.,2002. Activities of amine oxidase,

peroxydase and catalase in seedlings of *Pisum Sativum* L. under different light conditions.

*The Plant Journal* **32** (6), 915–925.

Shigeoka S., Ishikawa T., Tamoi M., Miyagawa Y., Takeda T., Yabuta Y., and Yoshimura K., (2002): Regulation and function of ascorbate-peroxidase isoenzymes. *The Journal of Experimental Botany*, 53, (372), 1305-1319

Shuang et al.; 2002 *Proceedings of the national Academy of sciences USA* 99.(8133-8138

Siddiqui, Z. S., Ahmed, S. & Zaman, A., 2001. Effects of methyl thiophenate ( systemic fungicide) on

germination, seedling growth, biomass and phenolic content of resistant and susceptible varieties of *Triticum aestivum* L. *Pakistan journal of biological sciences*, 4 (10): 1198-1200.

Smiley R. W. Patterson L. M. and Rhinhart E. L., 1996. Fungicide seed treatment effects on emergence of deeply planted winter wheat. *Columbia Basin Agricultural Research Annual*

Report, spec. Rpt. 961, pp. 85-96.

Soetaert A., Moens L. N., Van der Ven K., Van Lemput K., Naudts B., Blust R., and De Coen W.

M.,(2006). Molecular impact of propiconazole on *Daphnia magna* using a reproduction

related cDNA array. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*, **142**, 66-76.

Soltner D., (1999). Les Grandes Productions Végétales. 19èmes édition collection Sciences et Techniques Agricoles. 20-39-41-63-64.

Spak, S. (2000). Le Blé dur en Afrique du Nord. Le Bulletin bimensuel. 13 N°11.

Stewart, C.R. et Lee, J.A., 1974. The role of proline accumulation in halophytes. *Planta*, **120** : 279-289.

Stewart G.R. et Bogges S. F. 1978. metabolism of proline by barley leaves and its use measuring

the effects of water stress on proline oxydation. *Plant Physiol.*, 61 : 654-657.

Stolt J. P., Sneller F. E. C., Bryngelsson T., Lundborg T. And Schat H., 2003. Phytochelatin and Cadmium accumulation in wheat. *Environmental and experimental botany*, 49 : 21-28.

Sun G., Thai S.F., Tolly. D.B., Lambert G.R., Goetz A. K., Woif D. C., Dix D.J., Nes Now S., (2004).

Propiconazole induced cyt P450 gene expression and enzymatic activity in rat and mouse

liver. *Toxicology letters*, 155. (2): 277-287.

Sutton J.C., Hunt L.A., 2007. Maladies des feuilles du blé d'automne. Ontario.

Syngenta, 1998. Protection des plantes, Bale, Suisse, Edition 01.

Tahri El H. Belabed A. Sadki K 1998. Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de praline, de

chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur

(*Triticum durum*). Bulletin de l'institut scientifique, Rabat, n°21, pp. 81-87.

Tal M., Imber D., Ernez M. et Epstein E., 1979. Abnormal stomatal behaviour and hormonal imbalance in FLACCA, a wilty mutant of tomato. *Plant physiol.* (63): 1044-1048.

Testud, F; Garnier, B; Delamote, B; 2002. Toxicologie Humaine des produits Phytosanitaires. Homme,

nature et pesticides. [www.roc.asso.fr](http://www.roc.asso.fr)

Troll W. & Lindsley J., 1995. A photometric method for the determination proline. *J. Biol. Chem.*, **215**:

655-660.

Viala A., (1998). Éléments de toxicologie. Technique et documentation. Lavoisier, 521p.

Wang, M.E. et Zhou, Q.X. (2005). Single and joint toxicity of chlorimuron-ethyl, cadmium and cooper

acting on wheat *Triticum aestivum*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 60 :169-175.

Willekens H., Chamnongpol S., Davey M., Schraudner M., Langebartels C., Van Montagu M., Inze D.

and Van Camp W., 1997. Catalase is a sink for H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and is indispensable for stress defense

in C<sub>3</sub> plants. *The EMBO. Journal*, Vol 16, (16): 4806-4816.

World Health Organisation (WHO), (2005). The W.H.O. recommended classification of pesticides by

hazard and guidelines to classification Ed. W.H.O. Library cataloguing-in-Publication.

Data: 2-9.

Wu and Von. 2006. Tiedemann Effects of herbicide chlorimuron-ethyl on physiological mechanisms in

wheat (*Triticum aestivum*). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 65(2): 190-197.

Wu Y. X. and Von Tiedemann A. (2003): Impact of fungicides on active oxygen species and antioxidant

enzymes in spring barley (*Hordeum vulgare L.*) exposed to ozone. *Envir. Poll.* 116 (1) 37-

47.

Www.aventis-CS.CO.MA>Produits>Fongicides<http://www.aventis-cs.comtn/produits/Flamenco.htm>

Www.inra.fr Pesticides, Agriculture et Environnement : réduire l'utilisation des pesticides et limiter

leur impact environnementaux, synthèse du rapport d'expertise, 64.

X (2000) Minitab reference Manual, version 13, 31 PA. State Californie, 1047 p

Yoshida, Y. (1993). P-450 Monooxygenase system of microorganisms. In Omura T., Ishimura Y., Fujii-

Kuriyama Y.(Eds.), cytochrome P-450. Kodansha Ltd : Tokyo, 171-205.

Youbi M., (2006): Effets de deux fongicides Artea et Punch nouvellement introduits en Algérie, sur la physiologie et le métabolisme respiratoire du blé dur (*Triticum durum Desf*). Mémoire de Magister en Toxicologie fondamentale et appliquée, Université de Annaba, 93 pages.

Zhang G., Fukami M. and Sekimoto H., 2002. Influence of cadmium on mineral

concentrations and yield components in wheat genotypes differing in Cd tolerance at seedling

stage. Field Crops Research,77 (2-3) : 93-98.

**ANNEXES**

## ANNEXE1. Dosage des protéines

**Tableau 1 :** dosage des protéines racinaires : réalisation de la gamme d'étalonnage

Tube	0	1	2	3	4	5
Quantité d'albumine ( $\mu\text{g}$ )	0	20	40	60	80	100
Eau distillée ( $\mu\text{l}$ )	100	80	60	40	20	0
BBC (ml)	4	4	4	4	4	4

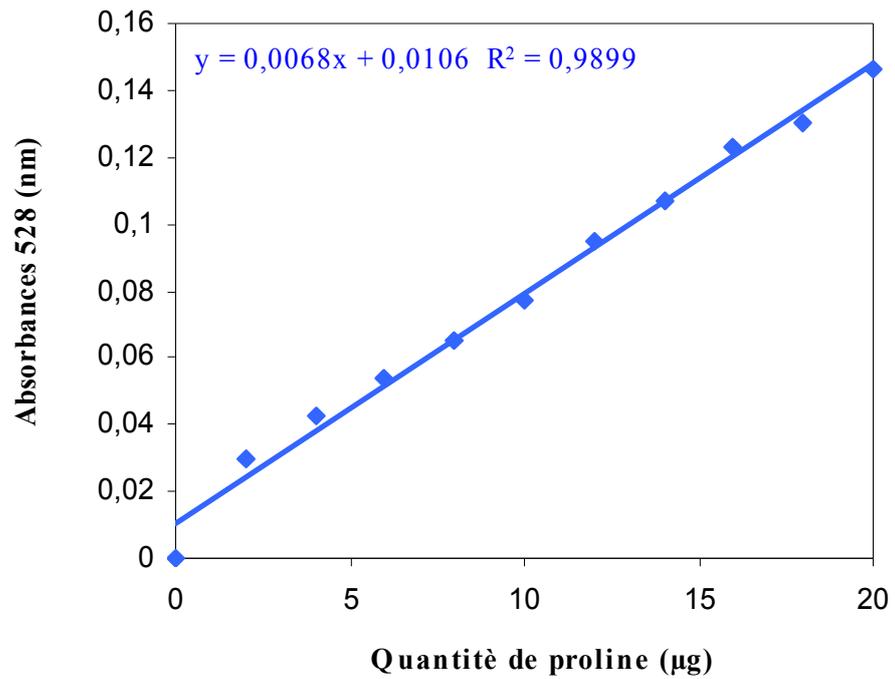
**Tableau 2 :** dosage des protéines racinaires de *Triticum durum* : densité optique (D.O) obtenues à 595 nm en fonction de la quantité d'albumine.

quantité d'albumine ( $\mu\text{g}$ )	DO1	DO2	DO3	$m \pm s$
0	0	0	0	0
20	0.345	0.222	0.273	$0.28 \pm 0.05$
40	0.571	0.484	0.521	$0.523 \pm 0.03$
60	0.877	0.708	0.720	$0.768 \pm 0.07$
80	1.024	0.827	0.900	$0.917 \pm 0.08$
100	1.165	0.941	1.160	$1.088 \pm 0.1$



**Tableau 2** : dosage de la proline foliaire de *T. durum*: densité optique (D.O) obtenues à 528 nm en fonction de la quantité de proline

Quantité de proline $\mu\text{g}$	DO1	DO2	m $\pm$ s
0	0	0	0
2	0,032	0,034	0,03 $\pm$ 0,00
4	0,047	0,040	0,043 $\pm$ 0,003
6	0,066	0,049	0,054 $\pm$ 0,005
8	0,071	0,059	0,065 $\pm$ 0,006
10	0,085	0,069	0,077 $\pm$ 0,008
12	0,111	0,080	0,095 $\pm$ 0,015
14	0,123	0,091	0,107 $\pm$ 0,016
16	0,146	0,101	0,123 $\pm$ 0,022
18	0,141	0,120	0,130 $\pm$ 0,010
20	0,159	0,134	0,146 $\pm$ 0,012



**Figure 1.** Dosage des échantillons biologiques (Prolines foliaires): courbe de référence (droite étalon) exprimant l'absorbance à 528 nm en fonction de la quantité de la proline.

### ANNEXE 3. Dosage des sucres solubles

**Tableau 1 : Dosage des sucres solubles : réalisation de la gamme d'étalonnage.**

Tubes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Glucose (µg)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Ethanol 80%	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Anthrone (ml)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

#### Préparation de la courbe étalon.

La gamme d'étalonnage est réalisée en utilisant une solution mère de glucose à 50µg/ml

D'éthanol à 80%. Dans des tubes à essai numérotés de 1 à 10, on dépose respectivement 1 à 10 ml de solution mère de glucose et on ajuste avec 10ml d'éthanol à 80%.

A partir de chacun de ces tubes, on prélève 2ml de solution que l'on place dans d'autres tubes à essai, numérotés également de 1 à 10 ; ces derniers contiennent donc, des quantités croissantes de glucose (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100µg). (Tableau 1).

### **Dosage.**

Le dosage des sucres totaux racinaires a été effectué dans une fraction aliquote (100µl). Les absorbances ont été obtenues grâce à un spectrophotomètre et la lecture a été réalisée à une longueur d'onde de 585nm contre un blanc de gamme (Tableau 2). Les sucres totaux racinaires ont été é quantifiés à partir de la courbe de référence (Figure1).

**Tableau 2:** Dosage des sucres totaux racinaires de *T. durum*: densité optique (D.O) obtenues à 585 nm en fonction de la quantité de proline

Quantité du glucose (µg)	DO <sub>1</sub>	DO <sub>2</sub>	DO <sub>3</sub>	m ± s
0	0	0	0	0
10	0,065	0,090	0,044	0,066 ± 0,023
20	0,089	0,109	0,166	0,121 ± 0,039
30	0,107	0,178	0,219	0,168 ± 0,056
40	0,312	0,224	0,229	0,255 ± 0,049
50	0,385	0,274	0,227	0,312 ± 0,063
60	0,399	0,337	0,370	0,368 ± 0,031
70	0,429	0,467	0,420	0,438 ± 0,024
80	0,586	0,536	0,430	0,517 ± 0,079
90	0,801	0,648	0,465	0,638 ± 0,168
100	0,850	0,703	0,687	0,746 ± 0,089

# The impact of propiconazole (Tilt 250 EC) on the growth and the breathing of hard wheat isolated roots (*Triticum durum*, GTA and Vitron varieties)

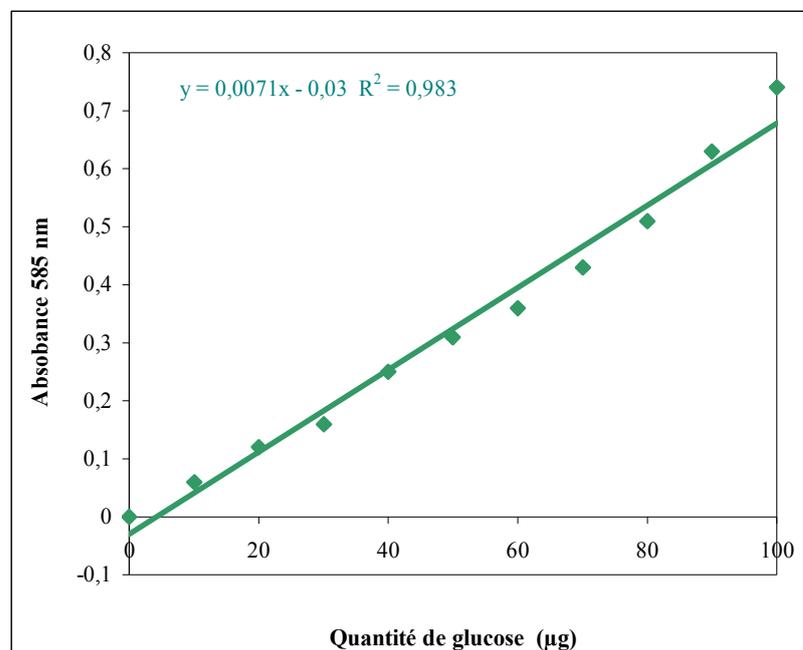
Meksem, L.<sup>1</sup>, Rouabhi, R.<sup>2\*</sup>, Djebbar-Berrebbah, H.<sup>1</sup> and Djebbar, M. R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Cellular Toxicology, Sciences Faculty, Annaba University, 23000, Annaba, Algeria. <sup>2</sup>Life and Nature Sciences institute, Biology department, Tebessa University center, 12000, Tebessa, Algeria.

Accepted 13 July, 2007

Fungicides are recognized as non-toxic compounds, or have a weak ecotoxicological risks. The use of these products is responsible for an important part of the increase of the cereals output. However, the exhibition of the consumers to residues in food remained especially preoccupying with regard to some metabolites that put more problems in relation with the human health. In our work we investigate the effects of the propiconazole (Tilt 250 EC) at three concentrations 35, 70, 140 and 280  $\mu\text{M}$ , on some parameters of the growth and on the respiratory metabolism of roots isolated from two varieties of wheat: the Vitron and GTA variety. Our results show that Tilt 250 EC inhibits strongly the number and the length of the roots of GTA variety, but there are no effects on Vitron variety roots. The respiratory metabolism results of isolated roots show that in Vitron variety there is an enhancement of breathing (about 25%), contrarily in GTA variety where we observe a reduction in respiration rate (about 100%).

**Key words:** Propiconazole, tilt 250EC, wheat; *Triticum durum*, GTA, vitron.



**Figure 1.** Dosage des échantillons biologiques (sucre racinaire): courbe de référence (droite étalon) exprimant l'absorbance en fonction de la quantité de glucose

## INTRODUCTION

The intensification of the cereal cultures is accompanied elongation of the apex roots. The glucides and reduced with the apparition of damaging illnesses. These illnesses sugar contents in roots control the respiration intensity are largely caused by the micro and macroscopic fungi and the growth of roots (Klink and Meale, 2003). So the which make an important damage to wheat, barley and to roots under stress conditions present a dominant other cereals on the quantitative or qualitative plan. We breathing: it is a generating breathing of indispensable remedied these cryptogamic infections with fungicides energy to the maintenance of the cellular structures and products, classically definite like the chemical or biologic ionic transportation (Kaur and Diffus, 1989). substances that kill or neutralize the pathogenic mush- The triticale presents a considerable tolerance to rooms (Adrian, 1987). However, this struggle was not as several types of xenobiotics; the roots keep -in situation beneficial, because on one hand, the synthetic fungicides of stress-a good faculty to assure the mineral nutrition of permit the control and the elimination of the harmful the plant (Millar et al., 1998). To understand better the fungal agents, they also generate some toxic problems to behavior of the root system of the triticale exposed to a the plants that they are destined to protect and even at xenobiotic, we studied the effect of a fungicide the Tilt the non-targeted plants and animals (Berova et al., 2002; 250 EC on the growth and the respiratory activity of the Bouraoui et al., 1998; Rouabhi et al., 2006a,b). These isolated roots during the first 03 days that follow substances inhibit the roots growth of the gramineous, germination, corresponding stage to the setting up of the (Djebar and Djebar, 2000; Di Martino et al., 2005), this vegetative system. inhibition is generally less marked that the one of the aerial parts (El Jaafari et al., 1995; Fernie et al., 2004).

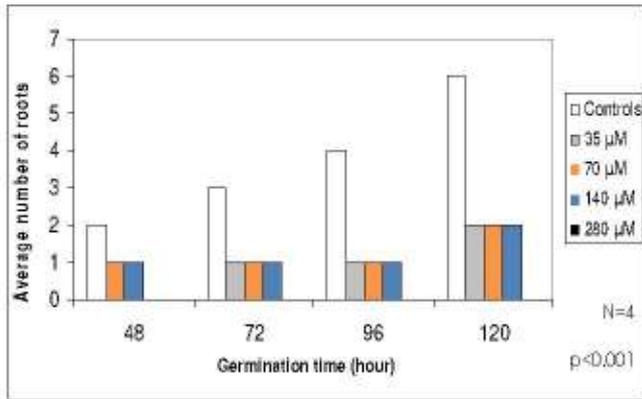
The defoliation causes the reduction of breathing and

## MATERIAL AND METHODS

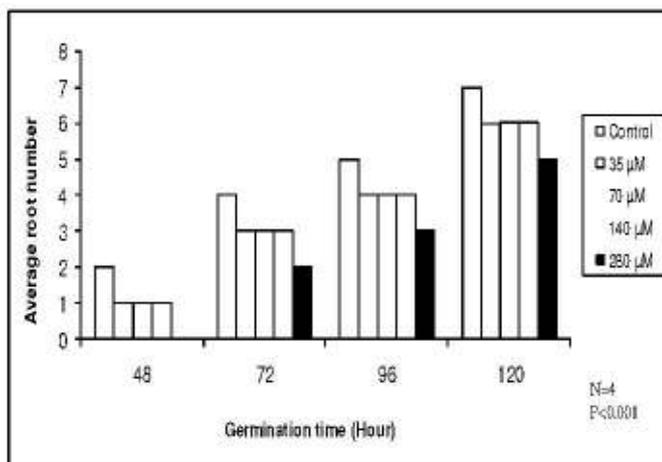
### Vegetal material and culture conditions

Little plants of triticale (*Triticum Desf durum*, GTA variety and vitron) of 03 days (1 leaf stage), are cultivated and watered by a nourish

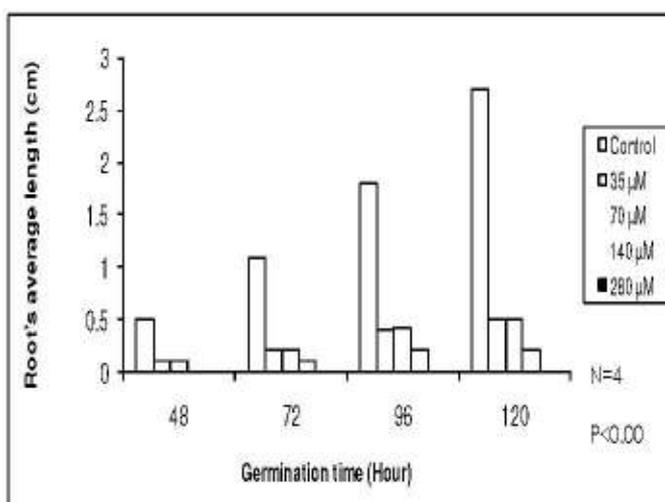
\*Corresponding author E-mail: r\_rouabhi@yahoo.fr.



**Figure 1.** Variation of GTA variety roots average number under treatment of different concentrations of Propiconazole ( $p < 0.001$ ).



**Figure 2.** Variation of vitron variety roots Average number under the treatment by different concentrations of Propiconazole ( $p < 0.001$ ).



**Figure 3.** Variation of GTA variety root average length in presence of different concentrations of propiconazole ( $p < 0.001$ ).

ing liquid solution. The culture medium is composed of macro-elements (mmol):  $K^+(1,5)$ ;  $Ca^{2+}(1,75)$ ;  $Mg^{2+}(0,5)$ ;  $NO_3^-(4)$ ;  $H_2PO_4^-(0,5)$ ;  $HPO_4^{2-}(0,25)$ ;  $SO_4^{2-}(0,5)$ ; and of trace elements (ppm):  $Fe(1,4)$ ;  $Mn(0,25)$ ;  $B(0,16)$ ;  $Cu(0,03)$ ;  $Zn(0,03)$ ;  $Mb(0,01)$ . Fungicide [Tilt 250 EC, systemic fungicide, chemical name 1-(2-(2,4-dichlorophenyl)-4-propyl-1,3-dioxolan-2-methyl)-1H-1,2,4-triazol] was provided by the Syngenta farm Crop Protection. It is added in the culture medium in order to get concentrations order between 0 and 280  $\mu M$ . The photoperiod is of 16 h with a luminous intensity of 40 W/m<sup>2</sup>, a humidity and a temperature averages of 55% and 30°C the day, and 90% and 22°C the night. The culture mediums are aired permanently and renewed every 03 days.

### Measure of the growth

The roots elongation parameters are determined in Petri boxes on 2 to 3 days germinations in presence or no of Tilt 250 EC. The number and the average length of the roots are followed during 4 days by marking using the China ink. The different used concentrations of fungicide are 35, 70, 140 and 280  $\mu M$ .

### Measurement of the isolated roots breathing activity

The respiration activity is released by polarography technique on isolated roots, using Clark's cell (Hansatech). The samples are introduced in the cell of measurement containing 2 ml of culture witness medium added or no of Tilt 250 EC in different concentrations (0 to 280  $\mu M$ ). The cell of measurement is maintained to constant temperature (25°C) grace an external circulation of water. The medium of measurement is constantly agitated with a magnetic bar maintained aside from the isolated roots. The respiration speeds of oxidization are expressed in "n" mole oxygen in relation to the fresh matter.

## RESULTS

### The impact of Tilt 250EC on growth

We determined the average number of young plant root aged 03 to 04 days of the GTA and vitrons varieties, cultivated in presence of Tilt 250 EC at different concentrations. The Figure 1 shows how the treatment of the GTA variety by the Tilt 250 EC at 35, 70 and 140  $\mu M$ , affect appreciably the average number of roots. For the highest concentration (280  $\mu M$ ), a light increase of this number is observed (this number passes from 01 root to 02), but remains very low according to the control samples (06 roots). The gotten results with the Vitron variety are presented in the Figure 2, we show that the average number of gotten root in presence of the different concentrations of Tilt 250 EC rest very close to the control roots. The vitron variety roots seem to present a good tolerance against fungicide.

The measurements of the isolated roots lengths are represented in Figure 3 for the GTA variety and at Figure 4 for the vitron variety. The treatment by the different concentrations of Tilt 250 EC lead a strong reduction of the average lengths recorded in the GTA variety. Indeed, these hardly pass 0.5cm of length. At the vitron variety it notes that the used concentrations of Tilt 250 EC remain without effect on the variations of the average lengths of

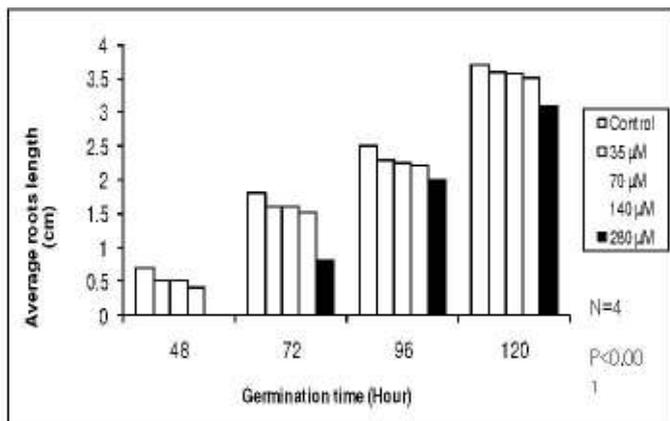


Figure 4. Variation of vitron variety roots length in presence of different concentrations of Propiconazole ( $p < 0.001$ ).

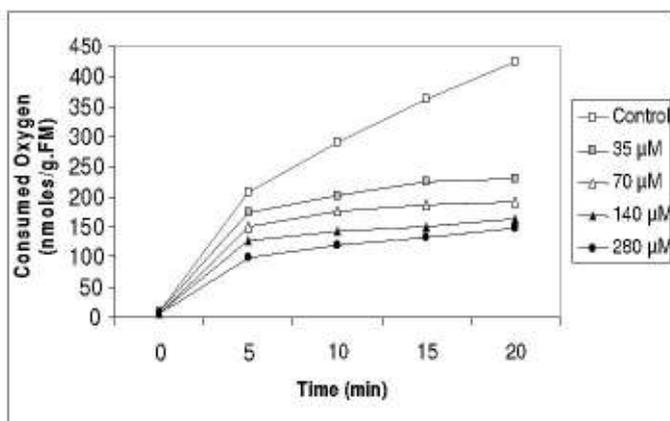


Figure 5. Respiration activity kinetic of GTA variety isolated roots under the treatment of different concentrations of propiconazole.

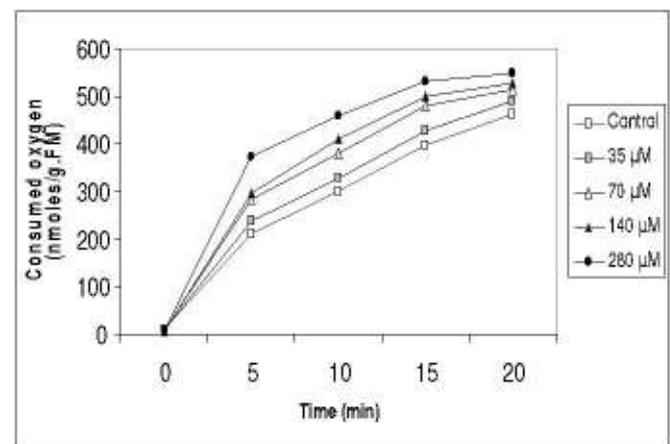


Figure 6. Respiration activity kinetic of Vitron variety isolated roots under the treatment of different concentrations of Propiconazole.

the young plants. The average values remain very near to the witnesses roots.

### Respiration

The measurement of the GTA variety breathings intensities is done on control medium (Figure 5), we show a strong respiratory activity varying from 0 nmoles to approximately 450 nmoles O<sub>2</sub>/g of fresh matter. In presence of Tilt 250 EC, we observe a strong decrease of 40 to 45% of the breathing of isolated roots in the strongest used concentration (280 µM). The effect of the Tilt 250 EC is observed since the 5 first minutes of respiratory activity registration. This effect puts in evidence a phase of sensitivity in the development of the young plants. The recorded respiratory activity in presence of the other concentrations of Tilt 250 EC is weak and constant. Concerning the vitron variety (Figure 6) we note that the respiratory intensities recorded in presence of the different concentrations of Tilt 250 EC are raised more than those gotten in cultivated controls root. So the increase of the respiratory activity observed at the vitron variety underlines the strong tolerance/resistance of the isolated roots of this variety against the used fungicide.

The respiratory intensity of the GTA variety isolated roots is very sensitive to the treatment by the Tilt 250 EC, contrary to the one observed at the vitron variety that seems rather stimulated.

### DISCUSSION AND CONCLUSION

The Tilt 250 EC inhibits strongly the average number of GTA variety root, but remains without effect on the roots of the vitron variety. In the presence of the increasing concentrations of Tilt 250 EC the values of the average lengths of the GTA variety roots are very weak in relation to those of the witness roots of the same variety. In the same way, no difference is observed in the vitron variety roots where the values even gotten at the strongest concentration of Tilt are neighboring of the one gotten in the control roots. It could translate a disruption of the growth and the elongation of the roots led by the different metabolites coming from the transformation of the Tilt 250 EC in the plants, particularly Triazolylalanine (Minta et al., 2004).

From the concentration 35 µM of Tilt 250 EC, the breathing is less than the control roots of about 10% after 5 min of root's breathing and 65% after 20 min of respiratory activity. This slowing of the respiratory activity becomes even more important at the strongest concentration (280 µM) and the noted respiratory oxidization speed is practically the same to that recorded after 5 min of breathing. The passage of the roots cells from the division stage to the stage of elongation was accompanied with a respiratory metabolism modification (28 C. Agr).

At the vitron variety the results show that the recorded speeds of respiratory oxidizations are in constant increase. Indeed, after 5 min of respiration activity and at the most elevated concentration of Tilt 250 EC (280  $\mu$ M), we note a speed of respiratory oxidization, two times more elevated than the recorded in controls root, this difference after 20 min stay constant. These observations are explained by an increase of the energetic cost of the ionic regulation (Siddiqui et al., 2001; Zarn et al., 2003). This energy expense linked to the transportation seems to be marked especially in the roots, which have direct contact with soil facilitates the losses of ions that must be continually reabsorbed [this process represents 25 to 50% of the respiratory cost of the ions transportation (Zhou et al., 2002)]. The increase of the breathing in the roots of triticale (vitron variety) in presence of Tilt 250 EC can correspond either to an increased energetic need of the mineral and water nutrition, either to an availability increased of respiratory substrata freed by the slowing of the growth of the aerial parts (that is translated by a decrease of the report of the aerial parts biomass to the roots biomass) (Wang and Zhou, 2005). In our case, we can suppose that the maintenance of the elongation speed of the triticale root (the Vitron variety) in presence of Tilt 205 EC was caused by the increase of the root energetic consumption. The maintenance of the root's growth and the stimulation of the breathing in presence of Tilt 250 EC seem in according to vitron variety tolerance factors relating to the GTA variety.

## REFERENCES

- Adrian C (1987). The propiconazole Fungicide. Food Production, Canada. D87-05: p.17. Berova M., Zlatev Z, Stoeva N (2002). Effect of paclobutrazol on wheat seedlings under low temperature stress. Bulg. J. Plant Physiol. (28): 75-84. Bouraoui N, Grignon C, Zi A (1998). Effet du NaCl sur la croissance et la respiration racinaire de triticale. Cahiers Agriculture. (7): 372-376.
- Djebbar MR, Djebbar H (2000). Bioénergétique: Les mitochondries végétales. Synthèse. 8: 141.
- Di Martino C, Pizzuto R, Luigia Pallotta M, De Santis A, Passarella S, (2005). Mitochondrial transport in proline catabolism in plants: the existence of two separate translocations in mitochondria isolated from durum wheat seedlings. Planta. 10: 1-5.
- El Jaafari S, Lepoivre P, Semal J (1995). Implication de l'acide abscissique dans la résistance du blé à la sécheresse. UREF: pp. 141-148.
- Fernie AR, Carrari F, Sweetlove LJ (2004). Respiratory metabolism: glycolysis, the TCA cycle and mitochondrial electron transport. Curr. Opin. Plant. Biol. (7): 254-261.
- Klink KJ, Meale BJ (2003). Dermal exposure to 3-amino-5-mercapto-1,2,4-triazole (AMT) induces sensitization and airway hyper-reactivity in BALB/C Mice. Toxicol. Sci. (75): 89-98.
- Kaur J, Diffus C (1989). The effect of Naf on cereal germination and seedling growth. Plant Cell and Environ. (12): 154-161.
- Millar AH, Atkin OK, Menz RI, Henry B, Farquhar G, Day DA (1998). Analysis of respiratory chain regulation in roots of soybean seedlings. Plant. Physiol. (117): 1083-1093.
- Minta M, Wilk I, Zmudzki J (2004). Embryotoxicity of carbendazim in rat and hamster micromass cultures. Bulg. Vet. Inst. Pulawy. 48: 481-484.
- Rouabhi R, Berrebbah H, Djebbar MR (2006a). Toxicity evaluation of flucyclozuron and diflubenzuron on the cellular model, Paramecium sp. Afr. J. Biotechnol. 5(1): 045-048.
- Rouabhi R, Djebbar-Berrebbah H, Djebbar MR (2006b). Toxic Effect of a Pesticide, Diflubenzuron on Freshwater Microinvertebrate (Tetrahymena pyriformis). Chin. J. App. Environ. Biol. 12(4): 514-517
- Siddiqui ZS, Ahmed S, Zaman A (2001). Effects of methyl thiophenate (Systemic fungicide) on germination, seedling growth, biomass and phenolic content of resistant and susceptible varieties of *Triticum aestivum* (L). Pakistan J. Biol. Sci. 4(10): 1198-1200.
- Zarn JA, Bruschweiler BJ, Schlatter JR (2003). Azole fungicides affect Mammalian steroidogenesis by inhibiting sterol 14 $\alpha$ -demethylase and aromatase. Environ. Health Perspect. 111(03): 255-261.
- Zhou QX, Ren LP, Suh TH (2002). Contaminative and interfacial processes of soil cadmium in a lead-zinc mining area. Chin. J. Soil. Sci. 33: 300-302.
- Wang ME, Zhou QX (2005). Single and joint toxicity of chlorimuron-ethyl cadmium and cooper on wheat (*Triticum aestivum*). Ecotoxol. Environ. Saf. 60: 169-175.

# SENSIBILITE DU BLE DUR *TRITICUM* DURUM DESF, A L'EGARD, D'UN NOUVEAU FONGICIDE, LE FLAMENCO : ASPECTS BIOMETRIQUES.

**Meksem L, Debbiche. A, Djebar .M.R.**

**Laboratoire d'écotoxicologie . Département de biologie. Faculté des sciences.  
Université de Annaba. BP. 12 El-Hadjar 23000.**

## **Résumé**

Le flamenco, nouveau fongicide dérivé de fluquinconazole a été testé à différentes concentrations 0,5, 1, 2l sur 2 variétés de blé dur (*T. durum*) et ses effets ont été évalués sur divers caractères morphométriques. Les résultats montrent que cette nouvelle molécule affecte les longueurs des tiges et des racines comparativement aux témoins, cependant, le nombre de radicelles, le nombre de feuilles et la surface foliaire ne sont pas modifiés par le flamenco.

## **1. Introduction.**

Le blé est une espèce annuelle qui fait partie de la classe botanique des Monocotylédones et de la famille des Graminées ; c'est une espèce autogame à valeur économique importante [1]. Le blé est la première céréale cultivée et largement consommée dans le monde, en général, et en Algérie en particulier (pâtes alimentaire, couscous, semoule.) La culture du blé existe en climat tempéré mais aussi dans les zones chaudes. La germination de la semence de blé est sous l'influence de facteurs internes (dormance primaire) et de facteurs externes comme l'humidité, l'oxygène et la température (15 ° à 30 °C [2].

Cependant, le blé est attaqué par différents agents pathogènes comme les virus, les bactéries, ou les champignons, d'où la nécessité d'une lutte utilisant différents pesticides tels que les fongicides, spécifiquement autorisés par le Ministère de l'Agriculture. Les molécules, essentiellement à action monotoxique, sont des carbamates, des diazines, des sulfamides aliphatiques et des dérivés aromatiques [3]. Parmi ces pesticides, le flamenco (FL) est une molécule originale [4] qui présente un grand intérêt au cours de la germination. Le flamenco est un fongicide destiné au traitement de blé en végétation contre les principales maladies foliaires (oïdium, septoriose, rouilles et fusariose sur épis). Il contient le fluquinconazole qui est systémique et agit en inhibant la synthèse de l'ergostérol des membranes cellulaires chez le champignon [5]. Aussi, le but de cette étude est de tester le FL sur deux variétés de blé dur, GTA et Vitron, et d'évaluer ses effets sur divers caractères morphométriques

## **2. MATERIELS ET METHODES.**

### **2.1. Matériel biologique et culture in vitro.**

Les semences de blé dur (*T. durum*) proviennent de l'OAIC d'El-Hadjar, pour ce qui est de la variété Vitron et de l'ITGC de Guelma pour la variété GTA dur. Afin d'éviter les problèmes de contamination microbienne, les semences sont stérilisées dans une solution d'hypochlorite de sodium à 3% pendant 5 mm puis lavés plusieurs fois dans de l'eau distillée [6]. Les tests de la germination (figure1) ont été réalisés en Laboratoire dans 16 boîtes de pétri, de diamètre égal à 56 mm, pour chaque variété. Dans les boîtes de pétri est déposé du papier filtre, de germination ordinaire, imprégné d'eau ;[7] la quantité d'eau (8ml) qui dépend de la nature et des dimensions du substrat a été déterminé aux divers essais. La germination a lieu à une température de 15 à 20°C pendant 8 jours.

### **2.2. Présentation du fongicide.**

Le Flamenco fait partie de la famille des quinazolinones apparentés aux triozoles [5] et sa formule chimique est 3-(2,4-dichlorophenyl)-6-fluoro-2-(1h-1, 2,4- triazol -1-yl)-4(3h)- quinazolinone. Le flamencosc est une suspension concentrée qui s'utilise à la dose de 1 à 1,25l/ha. La matière active est le fluquinconazole de teneur 100g/l [8].

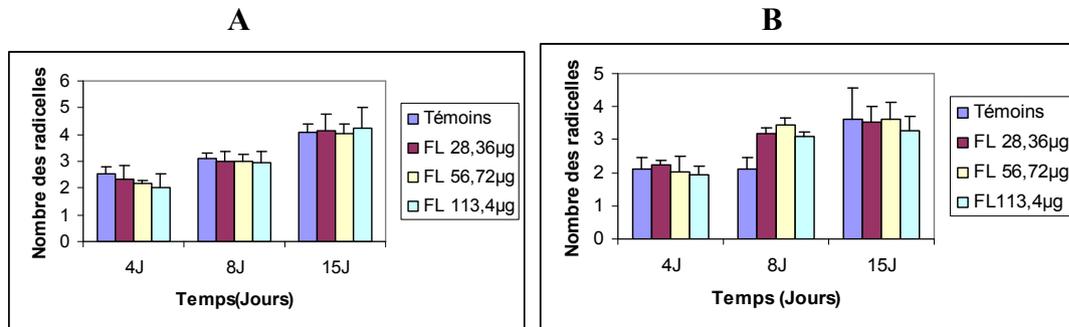
### **2.3. Traitement**

Le traitement a été réalisé par pulvérisation à 3 concentrations différentes 0,5 l/ha, (correspondant à une dose de 28,36 µg) ,1l/ha, (correspondant à une dose de 56,72 µg), et à 2 l/ha (correspondant à 113,4 µg). Des séries témoins ont été pulvérisées avec de l'eau distillée. Le



### 3.2. Effets du FL sur le nombre de radicelles

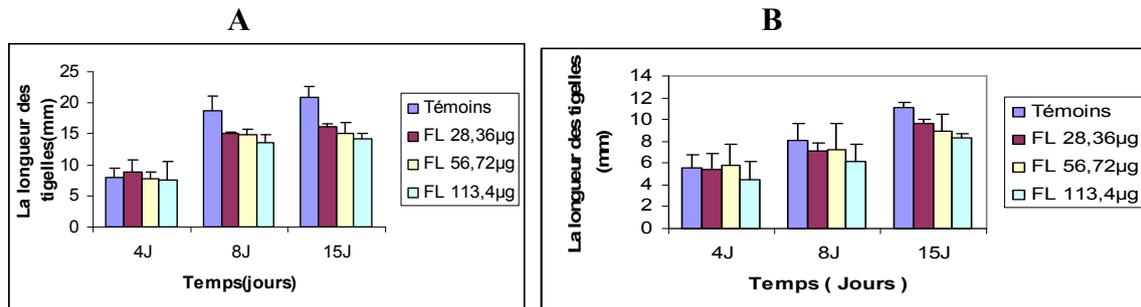
Le nombre de radicelles chez les séries témoins et traitées de *T.durum* augmente significativement à 4, 8, 15 jours (fig., 3). Et cet effet temps est confirmé par l'analyse de la variance (tableau 1). Cependant, le FL ne présente aucun effet significatif sur le nombre de radicelles.



**Figure 3 :** Effets du FL sur le nombre de radicelles de blé dur en fonction de la dose et du temps de germination. (A : GTA dur ; B : Vitron)

### 3.3. Effets du FL sur la longueur des tiges

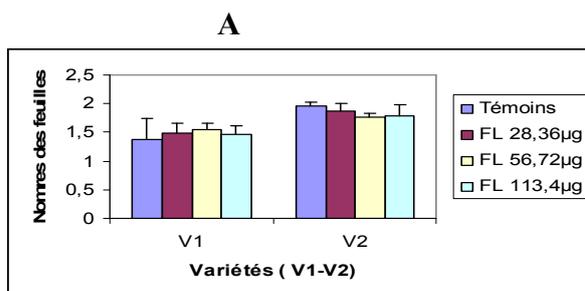
La hauteur de la tige augmente, en fonction du temps, à 4, 8, et 15 jours, de manière significative, pour les 2 génotypes (fig. 4). La hauteur de la tige à 15 jours est de  $20,82 \pm 1,91$  cm pour la variété GTA et de  $11,1 \pm 0,5$  cm pour la variété Vitron. Le traitement montre une diminution dans la longueur des tiges comparativement aux séries traitées qui est aussi très significative (tableau 1). Cependant, l'analyse statistique n'indique pas une interaction dose-temps.



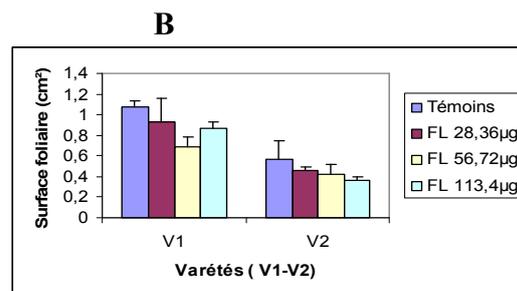
**Figure 4 :** Effets du FL sur le nombre de tiges de blé dur en fonction de la dose et du temps de germination. (A : GTA dur ; B : Vitron)

### 3.4. Effets du FL sur le nombre de feuilles et sur la surface foliaire.

Pour les 2 variétés de blé dur, le FL ne présente aucun effet sur le nombre de feuilles (tableau 2), et sur la surface foliaire ; en effet, les valeurs de ces 2 paramètres biométriques, chez les séries traitées sont comparables (fig. 5, 6 ; tableau 2)



**Fig 5 :** Effets du FLsc sur le nombre de Feuilles de blé dur en fonction de la dose et du temps de germination



**Fig 6 :** Effets du FLsc sur la surface foliaire de blé dur en fonction de la dose et du temps de germination

**Tableau 1 :** Effets du Flamenco sur les paramètres biométriques de la variété GTA dur et Vitron en fonction du temps et de la dose : analyse de la variance à 2 critères de classification ( ANOVA)

Paramètre	Dose		Temps	Interaction .dose/ temps
Longueurs des racines	GTA Vitron	p= 0,000001*** p =0,000001***	p = 0,000001 *** p = 0,000001***	p = 0,06 NS p = 0,000001***
Nombre de radicelles	GTA Vitron	p= 0,863 NS p = 0,885 NS	p = 0,000001*** p = 0,000001***	p = 0,966 NS p = 0,933 NS
Longueurs des tigelles	GTA Vitron	p = 0,004** p = 0,0076**	p = 0,000001*** p = 0,000001***	p = 0,130 NS Pp= 0,835 NS

**Tableau 2 :** Effets du flamenco sur les paramètres biométriques des deux variétés GTA dur et Vitron, en fonction de la dose : Analyse de la variance à 1 critère de classification.

Paramètres	Dose	
Nombre de feuilles	GTA Vitron	p = 0,47 NS p= 0,30 NS
Surface foliaire	GTA Vitron	p = 0,091 NS p = 0,206 NS

## 5 - DISCUSSION

Le Flamenco entraîne une diminution dans la longueur de la racine chez les deux variétés de *T.durum* et ceci est en accord avec les résultats trouvés chez la même espèce de blé après application du Tilt Syngenta, autre fongicide; Cependant, le fongicide ne présente aucun effet sur le nombre de radicelles conformément aux travaux de Djeddid [10] après traitement avec le Tilt Syngenta. La hauteur de la tige est également affectée par le traitement avec le flamenco, chez les deux variétés de blé dur, et ceci est retrouvé après application de différents herbicides (Assert 250c, le Suffixe double action, 2.4 dichlorophénoxyacétique) chez *T.durum* [11]

Le nombre de feuilles et la surface foliaire ne semblent pas être affectés par le fongicide testé conformément aux résultats de Bovey et al. [3] qui précisent que le pathogène paraît sans effet au stade 15 jours. L'inactivité du pathogène durant cette phase de développement du végétal a également été soulignée par d'autres travaux après application de fongicides [12,13]. Les auteurs parlent de période de latence du pathogène qui reprend son activité au stade épiaison. Cependant, et contrairement à nos résultats concernant les longueurs de la tige et des racines, d'autres auteurs [14] notent que les fongicides n'ont pas d'effets sur les paramètres morphométriques; néanmoins, le Flamenco agit sur la racine en induisant un épaississement de l'endoderme [15].

## 5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le fongicide, testé à différentes concentrations, sur deux variétés de blé dur *T.durum*, affecte la longueur des racines et des tiges ; cependant, il paraît sans effet sur les autres paramètres, morphométriques étudiés comme le nombre de radicelles, le nombre de feuilles et la surface foliaire.

Ces résultats biométriques préliminaires semblent indiquer que le Flamenco ne perturbe pas les éléments morphologiques essentiels à certains processus physiologiques vitaux du plant. Ainsi, il serait intéressant à l'avenir d'étudier l'effet du Flamenco sur la teneur en chlorophylle, sur le métabolisme respiratoire, sur la structure et la biochimie de certains tissus et organes en l'occurrence les radicelles et les feuilles.

**EVLUATION DES CAPACITES OXYDATIVES DE RACINES ISOLEES SOUMISES  
A UN STRESS OXYDANT : CAS D'UN FONGICIDE LE FLAMENCO SC**

MEKSEM. L , DEBBICHE A. , DJEBAR M.R & BERREBAH H.

Laboratoire de toxicologie cellulaire  
Département de Biologie  
Faculté des Sciences  
Université de Annaba (Algérie)

## INTRODUCTION

Les champignons phytopathogènes limitent la production céréalière en Algérie. La satisfaction des besoins alimentaires passe, entre autres, par la réduction des pertes causées par les différents ennemis des cultures.

Le flamenco sc. est un nouveau fongicide, dérivé des benzimidazoles, très utilisé en agriculture. Sa matière active, le fluquinconazole agit par inhibition de la biosynthèse de l'ergostérol. Il a une action préventive et curative, c'est un maximiseur qui permet une meilleure pénétration du fluquinconazole et favorise son action contre les pathogènes [1].

Cette étude est de déterminer les effets du flamenco sc. sur le stress oxydatif des racines isolées de *Triticum durum*.

## MATERIEL ET METHODES

### Matériel biologique

Le matériel biologique c'est deux variétés de blé dur, **GTA** et **Vitron**. Ce sont des variétés nouvelles utilisées en Algérie qui s'avèrent résistante à certaines maladies cryptogamiques.

### Fongicide et traitement

Le flamenco sc fongicide systémique appartenant à la famille AZOLE est destiné au traitement des blés en végétation contre les principales maladies de blé : Fusariose, Rouille [1]. La dose recommandée est de 1l/ha. La teneur de la matière active est de 100g/l [2]

Des graines de blé dur de la variété **GTA** dur et **Vitron** ont été stérilisées dans une solution d'hypochlorite de sodium à 5% pendant 5mm, puis lavées plusieurs fois dans de l'eau distillée. [6]

Dix graines ont été incubés dans des boites de Pétri contenant une solution du fongicide à des doses de 28.36, 56.72, 113.4 et 226.88  $\mu$ g. Une boite a été consacrée aux témoins.

Les mesures de consommation d'oxygène sont faites par polarographie (électrode de Clark) [4].

L'analyse statistique utilisée dans cette étude est une analyse de la variance à un critère de classification, modèle fixe. La comparaison des distributions de la respiration a été effectuée à l'aide du test de Friedman.

## RESULTATS

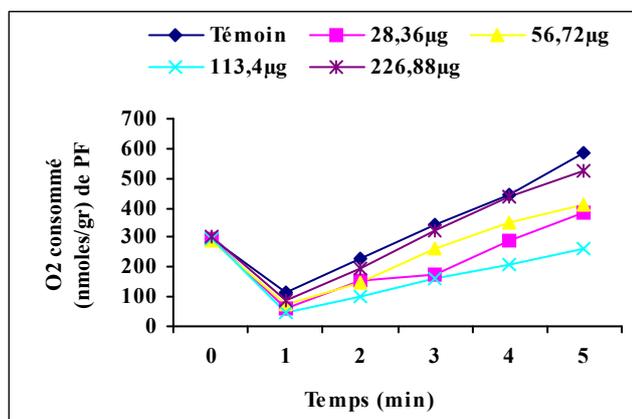


Figure 1 : Effet des différentes concentrations de Flamenco SC sur la respiration de GTA dur à 48 heures.

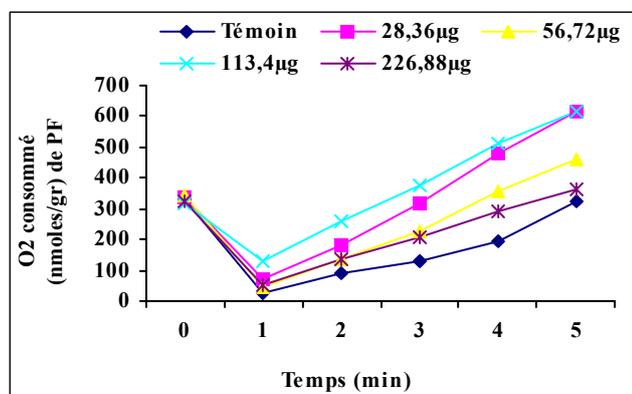
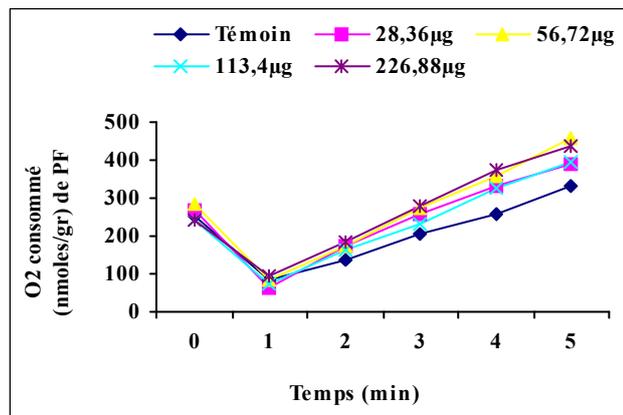
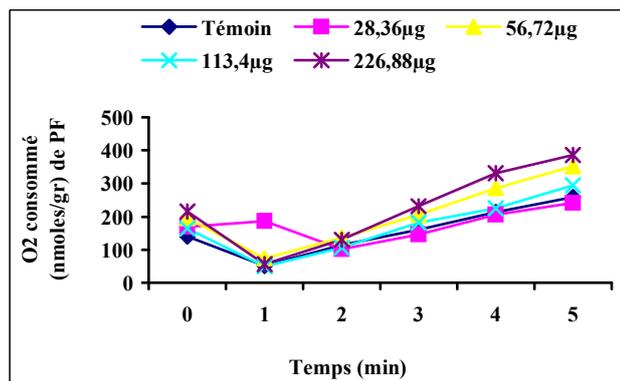


Figure 2 : Effet des différentes concentrations de Flamenco SC sur la respiration de GTA dur à 72 heures



**Figure 3 :** Effet des différentes concentrations de Flamenco sur la respiration de GTA dur à 96 heures



**Figure 4 :** Effet des différentes concentrations de Flamenco SC sur la respiration de GTA dur à 120 heures

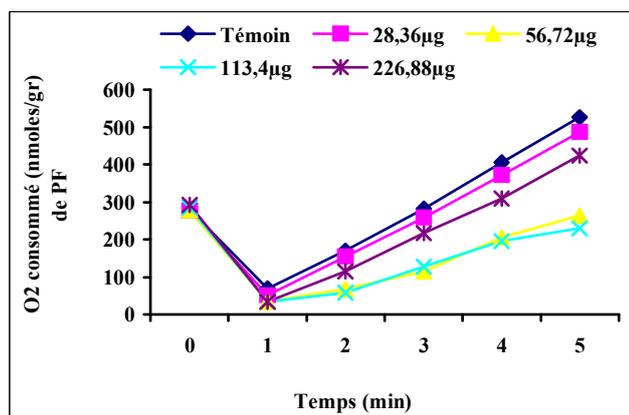


Figure 5 : Effet des différentes concentrations de Flamenco SC sur la respiration de VITRON à 48 heures.

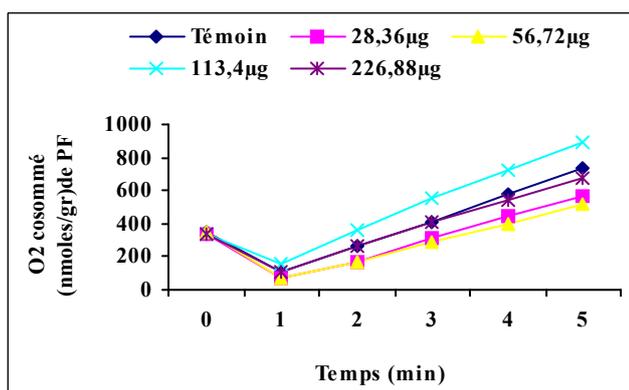


Figure 6 : Effet des différentes concentrations de Flamenco SC sur la respiration de VITRON à 72 heures.

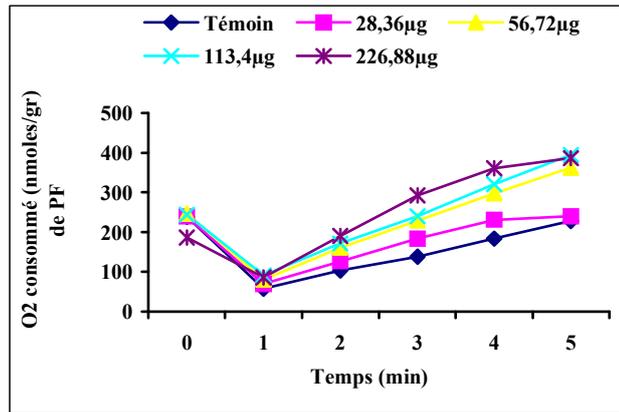


Figure 7 : Effet des différentes concentrations de Flamenco SC sur la respiration de VITRON à 96 heures.

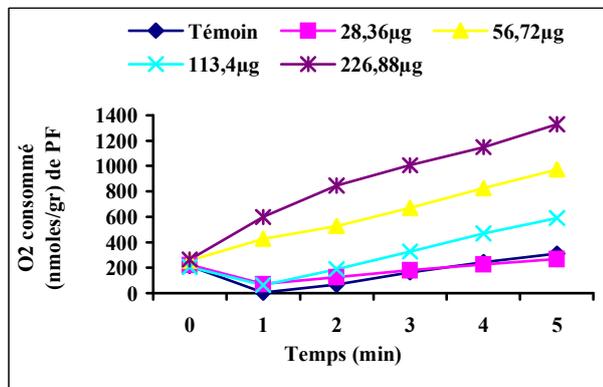


Figure 8 : Effet des différentes concentrations de Flamenco SC sur la respiration de VITRON à 120 heures.

## ANALYSE STATISTIQUE

Paramètre	Dose (AV1)	Temps (Friedman)
Respiration à 48 heures	GTA P= 0,0001 Vitron P= 0,0001	GTA P = 0,003 Vitron P = 0,011
Respiration à 72 heures	GTA P = 0,0001 Vitron P = 0,0001	GTA P = 0,003 Vitron P = 0,009
Respiration à 96 heures	GTA P = 0,0001 Vitron P = 0,0001	GTA P = 0,0001 Vitron P = 0,003
Respiration à 120 heures	GTA P = 0,0001 Vitron P = 0,198	GTA P = 0,006 Vitron P = 0,001

**Tableau 1 : Effet du Flamenco sc. sur la respiration des deux variétés de *T. durum* : GTA dur et Vitron en fonction de la dose (Analyse de la variance à un critère de classification) et du temps (Test de Friedman).**

## DISCUSSION ET CONCLUSION

La stimulation de la consommation de l'oxygène indique un métabolisme respiratoire considérable dans les mitochondries d'où une production importante de triphosphate d'adénosine -[3]

En conclusion, le traitement de *Triticum durum* avec le fongicide systémique, Flamenco sc., pourrait induire des changements métaboliques positifs qui souligneraient les effets toxiques des fongicides (azoles) sur les deux variétés.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anonyme 1 (2003). Agritox-Fluquinconazole. Fiche d'information de la substance active phytopharma.
- Anonyme 2 (2003). Aventis cropsiences Maroc, une nouvelle vision pour l'Agriculture. [www.aventis-CS.CO.MA>Produits>Fongicides](http://www.aventis-CS.CO.MA>Produits>Fongicides).
- Benhamouda, M., Ghobal, H., Kremer, R.J. (2001). Allelopathic effects of barley extracts on germination and seedling growth of bread and durum wheats. *Agronomie* 21.65-71. INRA. Ed. Sciences.
- Bouraoui, N., Grignon, C., et Zi, A. (1998). L'effet de NaCl sur la croissance et la respiration racinaire de Triticale. *Cahier d'Agriculture*. 7 : 372-376
- Djebar, M.R. et Djebar, H. (2000). Bioénergétique : les mitochondries végétales. Synthèse, Publication de l'Université Annaba-Algérie, pp. 23-25
- Siddiqui Z.S., Ahmed S., Zaman A., (2001). Effects of Methyl thiophenate (Systemic fungicide) on germination, Seedling Growth, Biomass and Phenolic Content of Resistant and susceptible Varieties of *Triticum aestivum* L. *Pakistan journal of Biological sciences*, Vol.4, N° 10, pp. 1198-1200.
- Wang, M.E. et Zhou, Q.X. (2005). Single and joint toxicity of chlorimuron-ethyl, cadmium and copper acting on wheat *Triticum aestivum*. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 60, 169-175.

## **RESUME**

Le Flamenco SC et le Tilt 250 EC sont deux fongicides nouvellement introduits en Algérie. L'étude de leur toxicité et de leurs effets sur le Métabolisme Respiratoire a constitué l'objectif de notre travail.

Sur la base des variations morphophysiologiques des analyses biochimiques et des dosages enzymologiques, les deux fongicides provoquent une forte inhibition (perturbation) de la graine, la croissance et le développement des racines de grains de blé dur. L'analyse des dosages enzymatiques montre que l'activité des trois enzymes mesurées à savoir la catalase (CAT), l'Ascorbate – Peroxydase (APX), et la Guaiacol-Peroxydase (GPX). (Enzymes spécifiques du système de détoxification cellulaire) est fortement signalée. Il est conclu que cette stimulation des activités enzymatiques associée aux taux des protéines et surtout de proline enregistrés traduit l'existence d'un stress oxydatif généré par les deux xénobiotiques utilisés.

L'effet des fongicides sur le métabolisme respiratoire des racines isolées a aussi été étudié. Il ressort de ce travail que le métabolisme respiratoire des cellules racinaires des racines isolées de blé dur est fortement perturbé. Le flamenco SC et le Tilt 250 EC à fortes doses sont capables de générer un stress oxydatif productif de ROS à l'origine des perturbations observées au niveau du métabolisme respiratoire.

Mots clé : Toxicité. Fongicide. Azoles. Blé. Stress oxydatif. Système anti oxydant.

