

## Contribution à l'identification des nouvelles variétés performantes de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) adaptées aux conditions agro climatiques de la zone Office du Niger, Mali

Hamara DABO<sup>1\*</sup>, Oumarou GOITA<sup>1</sup>, Sekou Sala GUINDO<sup>1</sup>, Ousmane NIANGALY<sup>2</sup>,  
Mouctar COULIBALY<sup>2</sup>, Dommo TIMBELY<sup>3</sup> et Bandjougou DIAWARRA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut d'Economie Rurale Centre Régionale de Recherche Agronomique de GAO, BP 117 GAO, Mali

<sup>2</sup> Institut Polytechnique Rural de Formation de Recherche Appliquée,  
Laboratoire de Biotechnologie Végétale

<sup>3</sup> Institut d'Economie Rurale, Direction Scientifique

\* Correspondance, courriel : [maradx2008@yahoo.fr](mailto:maradx2008@yahoo.fr)

### Résumé

Le blé (*Triticum aestivum* L.) joue un rôle important dans l'alimentation de la population mondiale. La production totale en Afrique est estimée à 22 millions de tonnes pour des besoins de consommation estimés à 50 millions de tonnes. Pour couvrir le déficit, plus de 30 millions de tonnes sont importées chaque année. La consommation annuelle de blé par tête en Afrique est passée de 25 kg en 1960 à 50 kg en 2013. Pour faire face à ce problème, les études ont été conduites pour sélectionner des variétés performantes de blé tendre irrigué qui s'adaptent dans la zone office du Niger (Région de Ségou) au Mali et les zones de production similaire. L'objectif de la présente étude est d'identifier des germplasm de blé tendre sous irrigation afin de contribuer, à l'amélioration et à l'augmentation de la production de blé tendre dans la zone Office du Niger (Région de Ségou). L'expérimentation au champ a été conduite dans les parcelles de la Sous Station de Recherche Agronomique de Kogoni pendant trois ans afin de proposer les meilleures variétés de blé tendre aux producteurs et aux agro-industriels du Mali et de la sous-région. Le dispositif expérimental était le bloc de Fisher avec 12 traitements et trois répétitions. Les traitements étaient constitués de 12 variétés de blé tendre irrigué. Les résultats obtenus ont montré une influence du génotype sur les variables mesurées. Toutes les variétés ont un cycle semis maturité compris entre 85 et 97 jours. Les variétés 207-HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2 (6021 kg ha<sup>-1</sup>) ; 211-NORMAN (5568 kg ha<sup>-1</sup>) ; 209-KATILA-17 / DEEK2 / 8 / EE'S' / 7 (5303 kg ha<sup>-1</sup>) ont enregistré les meilleurs rendements en grains. Cependant la variété 212-REYNA 28 a donné le meilleur nombre de grains par épis (52), c'est par ailleurs la variété la plus précoce de toutes les variétés avec 87 jours.

**Mots-clés :** blé tendre, *Triticum aestivum* L., irrigation, variétés, identification.

### Abstract

**Contribution to the identification of new high-performance varieties of soft wheat adapted to climatic and agronomic conditions of the Office du Niger area in Mali**

Wheat (*Triticum aestivum* L.) plays an important role in feeding the world population. The total Africa' production is estimated at 22 million tons against estimated needs of 50 million tons. To cover the deficit,

more than 30 million tons are imported annually. In Africa, annual wheat consumption by capita raised from 25 kg in 1960 to 50 kg in 2013. To address this problem, studies have been conducted to select high-yielding varieties of soft irrigated wheat adapted of the Office du Niger (Mali) and similar production areas growing conditions. The goal of this study is to identify germplasm of soft wheat under irrigated conditions in order to improve soft wheat production in Office du Niger area. Three years field study was carry out at the Kogoni' experimental research station in order to propose suitable tender wheat varieties to Malian famers and manufactories. The experimental design was "Fisher's block Design" with twelve treatments and three replications. Treatments were represented by the twelve varieties. Results showed an impact of genotype on the measured variables. All varieties have a growth length comprise between 85 to 97 days from sowing to physiological maturity. The best grain yields were obtained from varieties 207-HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN; 211-NORMAN and 209-KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7 with respectively 6021 kg ha<sup>-1</sup> ; 5568 kg ha<sup>-1</sup> and 5303 kg ha<sup>-1</sup>. However 212-REYNA 28 had the greatest number of grain per ears (head) (52), moreover it is has the shortest growth length with 87 days.

**Keywords :** *bread wheat, Triticum aestivum L, varieties, identification.*

## 1. Introduction

En Afrique la production totale est 22 millions de tonnes [1]. Les besoins de consommation Africaine sont estimés à 50 millions de tonnes par an [1] avec une importation de plus de 30 millions de tonnes par an. La consommation annuelle par tête en Afrique est passée de 25 kg en 1960 à 50 kg en 2013 [1]. Les superficies cultivées et les rendements obtenus avec les variétés vulgarisées sont faibles (1 à 2 T). La production totale estimée en 2012 était de 40 069 T sur une superficie de 10 349 ha avec un rendement moyen de 3 871 t ha<sup>-1</sup> [2]. Le Mali importe actuellement plus de 103 971 T [2] de blé d'origines diverses, notamment de l'Europe, de la Russie ou de l'Amérique du Sud pour satisfaire les besoins nationaux qui représentent 187 100 T an<sup>-1</sup> [2]. Actuellement le blé est essentiellement cultivé dans les cercles de Diré et Goundam (Région de Tombouctou). Cette région grâce à ces nombreuses potentialités en eau (fleuve Niger, Mares et Lacs) offre des possibilités de cultures de crue et de décrue, et surtout le cercle de Diré pour la culture irriguée qui fournit actuellement l'essentiel de la production nationale du blé. La région de Kayes et la zone Nord de l'Office du Niger disposent également de ressources hydrauliques importantes et des conditions climatiques favorables à la culture de blé [3]. Au Mali le blé tendre est le plus cultivé essentiellement pour le pain. Plusieurs facteurs constituent un frein au développement de cette filière au Mali dont, entre autres, le non renouvellement des semences, la quasi-absence de la mécanisation agricole, les subventions accordées au blé Européen et Américain, l'absence d'infrastructures dans les sites actuels de production augmentant considérablement les coûts de transports des intrants et d'évacuation de la production et l'insuffisance d'une large gamme variétale à haut potentiel de rendement [4]. L'élargissement de la gamme variétale dans les zones de productions du blé au Mali s'avère nécessaire pour une diversité génétique et pour une résilience aux effets liés aux changements climatiques. L'objectif de la présente étude est la sélection et l'adaptabilité de meilleures lignées aux conditions agro climatique de la zone Office du Niger.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué de 12 variétés de blé tendre en provenance de l'ICARDA.

**Tableau 1 : Liste de matériel végétal**

Entrée	Nom des lignées	Pedigrée
201	ATTILA-7	CN85236-50Y-0M-0Y-0SY-0AP
202	HUBARA-5 / ANGI-1	ICW04-0009-10AP-0AP-0AP-6AP-0AP
203	PASTOR-2 / HUBARA-5	ICW04-0009-10AP-0AP-0AP-6AP-0AP
204	PASTOR-2 / HUBARA-5	ICW04-0037-6AP-0AP-0AP-7AP-0AP
205	ANGI-2 / HUBARA-3	ICW04-0043-10AP-0AP-0AP-6AP-0AP
206	KAUZ'S' / FLORKWA-1 / GOUMRIA-3	ICW04-0160-6AP-0AP-0AP-4AP-0AP
207	HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2	ICW04-20160-14AP-0AP-0AP-0AP-4AP-0AP
208	FLORKWA-2 / 6 / SAKER'S' / 5 / RPS / ANZA / 3 / KVZ / HYS //YMH / TOB / 4 / BOW'S' / 7 / DAJAJA-6	ICW04-0169-2AP-0AP-0AP-6AP-0AP
209	KATILA-7 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7 / CEBECO148 / 3 / RON / CHA/ BB / NOR67 / 5 / HK / 38MA / 4 / 4777 // REI / Y / 3 / KT / 6 / TUCAN'S' 5	ICW04-20090-10AP-0AP-0AP-0AP-2AP-0AP
210	HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2	ICW04-20160-11AP-0AP-0AP-0AP-3AP-0AP
211	NORMAN	
212	REYNA 28	

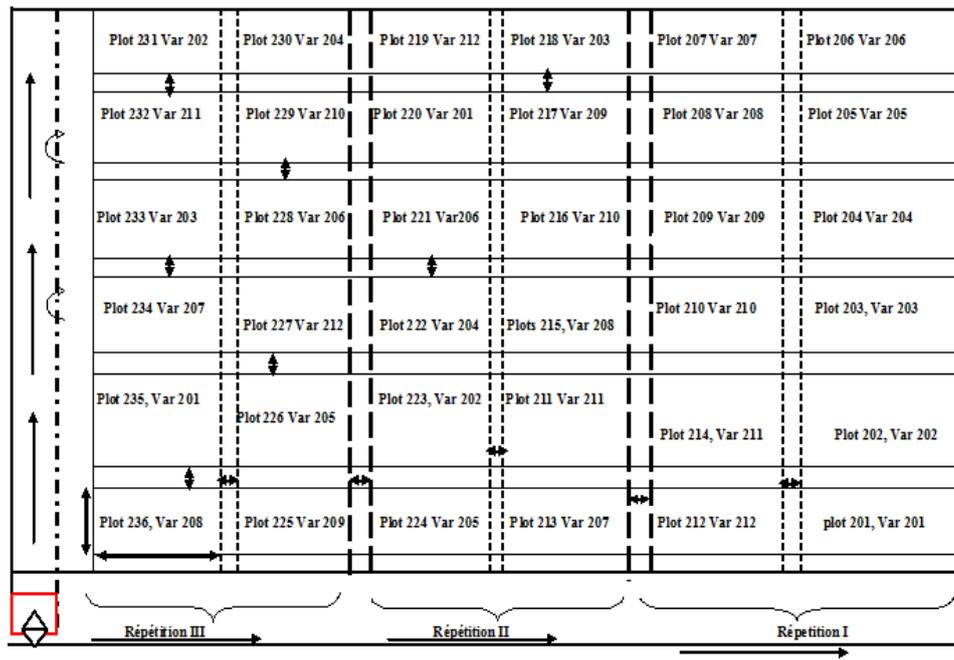
**2-2. Méthode**

**2-2-1. Site de l'étude**

L'essai a été conduit à la Sous Station de Recherche Agronomique de Kogoni 14°43'20,2" latitude Nord et de 6°01'45,8" de longitude Ouest, dans la zone de production rizicole de l'Office du Niger.

**2-2-2. Dispositif expérimental**

Le dispositif expérimental utilisé est le bloc de Fisher à 3 répétitions. Chaque variété était sur une superficie de 15 m<sup>2</sup> (5 m x 3 m). Les parcelles élémentaires sont séparées de 40 cm et les blocs de 80 cm (Figure 1).



**Figure 1 : Plan de masse de l'essai**

### **2-2-3. Facteur étudié**

Un seul facteur a fait l'objet d'étude (la variété), prise à 12 niveaux.

### **2-2-4. Conduite de l'essai**

Avant l'installation, un labour de 15 cm environ a été fait suivi d'un concassage des mottes et d'un nivellement pour mieux ameublir et préparer le lit de semis. Les billons ont été confectionnés avec une hauteur d'environ 10 cm. Le semis a été effectué sur ces billons en ligne continue à la dose de 0,18 kg par traitement ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ) suivi de l'épandage de la fumure organique bien décomposée et d'une irrigation. La fertilisation a été faite à la dose de 0,15 kg par traitement ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de DAP) au semis et 0,225 kg d'urée par traitement ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$  d'urée) en trois fractions dont 0,075 kg par traitement à la levée, 0,075 kg au tallage maximum et 0,075 kg à l'apparition de feuille drapeaux. La moyenne des températures minimales et maximales et l'humidité relative de l'air des cinq dernières années ont été collectées. Les travaux de préparations des sols ont été exécutés manuellement, sur une parcelle en jachère après un nettoyage et une pré-irrigation de 3 à 4 jours de la parcelle d'expérimentation. Les parcelles élémentaires ont été délimitées à l'aide de la méthode 3 - 4 - 5. Un épandage de la fumure organique de 15 kg par traitement (10 Tonnes hectare) suivi de la confection des billons a été fait. L'écartement entre les billons était de 25 cm. Chaque billon constituait une ligne de semis. Les autres opérations culturales dont le désherbage, les apports d'eau, et le gardiennage des oiseaux et des rats ont été faits à la demande. La récolte et le battage ont été effectués manuellement et par traitement.

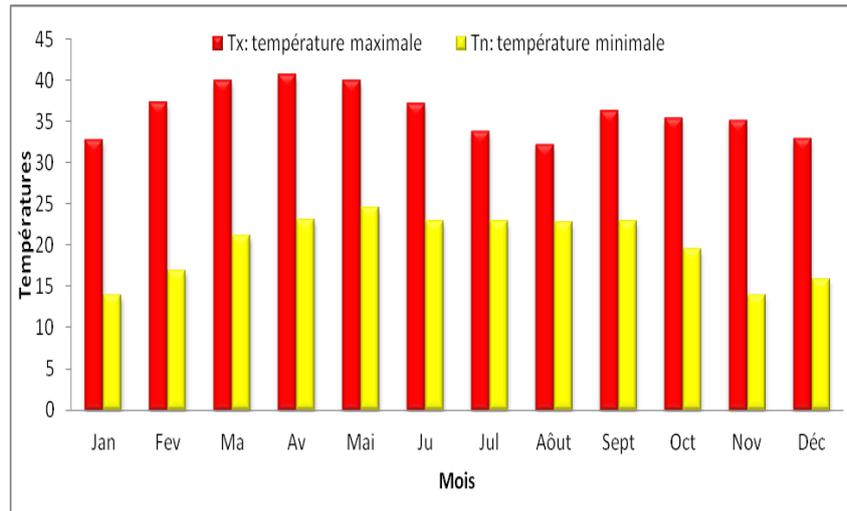
### **2-2-5. Collecte des données et analyse statistique**

Pour chaque variété, les mesures ont porté sur vigueur à la levée (VL), Attitude aux tallages (AT), Comptage des talles (CT) au mètre carré, cette observation a été effectuée en deux périodes dont le premier a 35 jours après semis et le second au stade maturité. Cycle semis 50 % épiaison (CSE), Cycle semis maturité (CSM), Hauteur des plants à la maturité (HP / cm), Nombre de graines par épis (Nbr G / E), Longueur d'épis (LE / cm), Poids de 1000 grains (Pds 1000 grs / g), Poids parcellaire (PP / g), Biomasse aérienne (BioA), Indice de récolte (IR), Rendement (en tonne / hectare ou kilogramme / hectare) et la moyenne de la température de 2009 à 2013 a été aussi collecté. Toutes les données obtenues ont été analysées suivant le modèle de logiciels Genstat (Genstat 4). Les moyennes ont été comparées à l'aide du test de L.S.D au seuil d'alpha 5 %.

## **3. Résultats et discussion**

### **3-1. Température moyenne dans la zone Office du Niger**

La moyenne des températures minimale de 2009 à 2013 varie entre  $14^{\circ}\text{C}$  et  $25^{\circ}\text{C}$ , et celle maximale varie entre  $32^{\circ}\text{C}$  et  $40^{\circ}\text{C}$  (**Figure 2**). Ces informations météorologiques montrent que la zone Office du Niger se prête à la culture du blé tendre, car selon [5, 6] la température normale de production du blé se situe entre  $22$  et  $26^{\circ}\text{C}$ . L'optimale de germination oscille entre  $22^{\circ}\text{C}$  et  $26^{\circ}\text{C}$ ; pour la formation des racines, elle varie de  $12^{\circ}$  à  $15^{\circ}\text{C}$ .



**Figure 2 : Moyennes des températures 2009 - 2013**

### 3-2. Vigueur à la levée et l’aptitude au tallage des différentes variétés de blé tendre

Les résultats d’analyse de la vigueur à la levée et de l’aptitude des variétés au tallage sont consignés dans le **Tableau 3**. Les résultats d’analyse montrent une différence significative au seuil de 5 % entre les variétés. La moyenne générale est de 3,64 avec un coefficient de variation de 3,5 %. Cette caractéristique variétale permet aux variétés qui ont une vigueur à la levée de bonne à très bonne, d’échapper ou de résister à l’attaque des ennemis et aux adversités climatiques (forte température, stress hydrique, etc.). Les variétés ayant obtenu les meilleures vigueurs à la levée sont respectivement, 203-PASTOR-2 / HUBARA-5; 201-ATTILA-7; 207-HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2; 208-FLORKWA2 / 6 / SAKER’S’ / 5 / RPS / ANZA / 3 / KVZ / HYS // YMH / TOB / 4 / BOW’S’ / 7 / DAJAJA-6 et 209-KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE’S’ / 7 avec une note 4,00 (bonne). La variété 210-HUBARA 2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2 a enregistré la plus faible vigueur avec une note 3,00 (passable). La réussite de l’établissement d’un couvert de blé tendre dépend, dès le semis, de la vitesse d’émergence des plantules (vigueur), de la longueur de coléoptile et de la tolérance à la chaleur, [7]. Par rapport à l’aptitude des variétés aux tallages, l’analyse de la variance montre qu’il n’y a pas de différence significative entre les variétés au seuil de 5 %.

La moyenne générale est de 2,89 et le coefficient de variation est de 1,7 %. Cependant les variétés, 208-FLORKWA 2 / 6 / SAKER’S’ / 5 / RPS / ANZA / 3 / KVZ / HYS // YMH / TOB / 4 / BOW’S’ / 7 / DAJAJA-6; 201-ATTILA-7; 202-HUBARA-5 / ANGI-1 et 212- REYNA 28, enregistrent le bon tallage par rapport aux autres variétés. Le paramètre tallage contribue fortement à l’amélioration de rendement grains et joue un rôle primordial dans la détermination des doses de semis. Le nombre de talles émises durant la période végétative, qui conditionne le nombre d’épis par mètre carré, est sous l’influence conjointe de facteurs environnementaux (azote, compacité du sol, etc.), des caractéristiques de structure du couvert végétal (densité de semis) et de facteurs génétiques [8]. Le blé présente une bonne plasticité pour le nombre de talles émises vis-à-vis de la disponibilité en azote [9]. Ce mécanisme d’adaptation consiste en une surproduction de talles. Si les ressources sont insuffisantes, les talles surnuméraires avortent avant floraison et leurs nutriments sont remobilisés vers les autres organes [10, 12].

**Tableau 3 : Analyse de la variance de la vigueur à la levée et l'aptitude au tallage des différentes variétés de blé tendre**

Entrée	Variétés ou Lignées	Vigueur à la levée	Aptitude au tallage
201	ATTILA-7	4,00	3,33
202	HUBARA-5 / ANGI-1	3,67	3,33
203	PASTOR-2 / HUBARA-5	4,00	2,67
204	PASTOR-2 / HUBARA-5	3,33	2,33
205	ANGI-2 / HUBARA-3	3,33	2,67
206	KAUZ'S' / FLORKWA-1 / GOUMRIA-3	3,67	2,33
207	HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2	4,00	3,00
208	FLORKWA	4,00	3,67
209	KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7	4,00	2,67
210	HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2	3,00	2,33
211	NORMAN	3,33	3,00
212	REYNA 28	3,33	3,33
<b>Moyenne Générale</b>		<b>3,64</b>	<b>2,89</b>
<b>CV %</b>		<b>3,50</b>	<b>1,70</b>
<b>Probabilité 5 %</b>		<b>0,04</b>	<b>0,752</b>
<b>Signification</b>		<b>0,04</b>	<b>0,752</b>

### 3-3. Cycle semis - épiaison - maturité des différentes variétés de blé tendre

Les résultats des observations faites sur les variétés par rapport au cycle semis épiaison et le cycle semis maturité sont illustrés dans le **Tableau 4**. L'analyse de la variance du cycle semis-épiaison montre une différence très hautement significative entre les variétés au seuil de 5 %. Une moyenne générale de 58 jours a été obtenue avec un coefficient de variation de 0,4 %. Ce qui permet de dire que les variétés mises en essai ont un cycle semis-épiaison de 58 jours, confirmant ainsi les résultats obtenus par [13] dans les essais de criblage de blé tendre à Tombouctou et Gao. Cependant les variétés 211-NORMAN et 201-ATTILA-7 ont enregistré le nombre de jours du semis à la floraison le plus long respectivement 64 et 66 jours. Les nouvelles variétés de blé tendre ont montré une bonne adaptabilité et des caractéristiques agronomiques appréciables d'une manière générale. La date de floraison est centrale, tant du point de vue écologique qu'agronomique. Ceci est attesté par les nombreuses études ayant mis en évidence des caractères quantitatifs de locus (QTL) pour différents caractères agronomiques au niveau des régions impliquées dans le contrôle de la date de floraison [14].

Du nombre de fleurs fertilisées dépend le nombre de grains formés et le succès reproductif [15], ou plutôt le rendement en grains chez les plantes cultivées telles que chez le blé. Par rapport au cycle semis-maturité; l'analyse de la variance a montré une différence très hautement significative au seuil de 5 %, avec une moyenne générale de 92 jours et un coefficient de variation de 0,2 %. Les variétés ont cycle variant entre 86 à 97 jours du semis à la maturité. Les variétés ayant enregistré le nombre de jours le plus élevé sont : 201-ATTILA-7; 207-HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2; 208-FLORKWA-2 / 6 / SAKER'S' / 5 / RPS / ANZA / 3 / KVZ / HYS // YMH / TOB / 4 / BOW'S' / 7 / DAJAJA-6 et 211-NORMAN, avec respectivement 97; 96; 96 et 96 jours qui sont inférieurs aux résultats obtenus par [16] sur les variétés de blé tendre introduites au Mali. Par contre, la variété 205-ANGI-2/HUBARA-3 a enregistré le nombre de jours le plus faible avec 86 jours. Ces résultats permettent de dire que l'ensemble des traitements ont un cycle allant de précoce à moyen, qui est une caractéristique variétale recherchée dans nos conditions de culture compte tenu du coût lié à l'irrigation et de la variabilité de la température.

**Tableau 4 :** *Analyse de la variance de cycle semis-épiaison-maturité des différentes variétés de blé tendre*

Entrée	variétés ou lignées	cycle semis 50 % floraison (jours)	cycle semis maturité (jours)
201	ATTILA-7	64	97
202	HUBARA-5 / ANGI-1	54	89
203	PASTOR-2 / HUBARA-5	58	92
204	PASTOR-2 / HUBARA-5	58	92
205	ANGI-2 / HUBARA-3	52	86
206	KAUZ'S' / FLORKWA-1 / GOURMIA-3	59	92
207	HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2	61	96
208	FLORKWA-2	61	96
209	KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7	56	91
210	HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2	60	92
211	NORMAN	66	96
212	REYNA 28	53	87
	<b>Moyenne Générale</b>	<b>58</b>	<b>92</b>
	<b>CV %</b>	<b>0,4 %</b>	<b>0,2 %</b>
	<b>Probabilité 5 %</b>	<b>&lt; 0,001</b>	<b>&lt; 0,001</b>

**3-4. Nombre d'épis au mètre carré et la hauteur des plants à la maturité des différentes variétés de blé tendre**

L'analyse de la variance par rapport à la moyenne du nombre d'épis au mètre carré révèle une différence non significative entre les variétés au seuil de 5 %, avec un coefficient de variation de 5,9 % et une moyenne générale de 261 épis au mètre carré. Les variétés 201-ATTILA-7 (304); 208-FLORKWA-2 / 6 / SAKER'S' / 5 / RPS / ANZA / 3 / KVZ / HYS // YMH / TOB / 4 / BOW'S' / 7 / DAJ AJA-6 (301); 207-HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2 (287) et 209-KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7 (287), enregistrent le nombre d'épis élevé au mètre carré (**Tableau 5**). Cependant la variété 212-REYNA 28 a obtenu le nombre d'épis le plus faible avec 215 épis au mètre carré. Ces résultats sont supérieurs à ceux de [17] dans la région de Tombouctou, Ségou et Gao sur les nouvelles variétés de blé tendre introduites dans ces zones. [18] a constaté que le nombre d'épis par m<sup>2</sup> dépend aussi bien de la capacité du génotype à produire des talles que la proportion de ces dernières pouvant survivre et donner des épis fertiles, les deux processus dépendent de la disponibilité en assimilât, de l'alimentation hydrique et de l'application de la fertilisation azoté.

Les résultats obtenus sur les variétés testés sont supérieurs à ceux obtenus par [19] sur les variétés de blé tendre algérien. En ce qui concerne la hauteur moyenne des plants, la différence entre les traitements est hautement significative au seuil de 5 %. La plus grande taille a été obtenue respectivement avec les variétés 207-HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2 (81,67 cm) et 201-ATTILA-7 (80,33 cm). La moyenne générale est de 70,94 cm et le coefficient de variation 2,2 %. La hauteur est une caractéristique variétale recherchée dans les conditions de production du blé au Mali ; car elle permet de faciliter la sélection des variétés supportant les coups de vents et tolérantes à la verse. La plus petite hauteur a été obtenue avec la variété 210-HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2 (61,67 cm) selon [20] la hauteur de tige est aussi un facteur déclencheur de la verse, compte tenu d'un effet de levier plus important de l'épi sur la tige en fin de cycle. Ce paramètre, intimement lié à la variété, n'est pas toujours en corrélation avec la sensibilité à la verse. Néanmoins, les sélectionneurs recherchent des variétés à faible hauteur de tige afin de limiter ce risque.

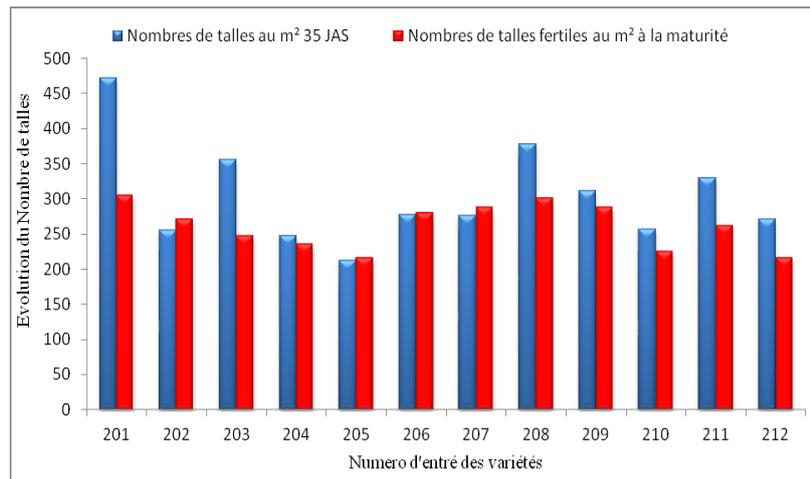
**Tableau 5 : Analyse de la variance nombre des épis au mètre carré et la hauteur des plants à la maturité des différentes variétés de blé tendre**

Entrée	variétés ou lignées	Nombres épis / m <sup>2</sup>	Hauteurs des plants (cm)
201	ATTILA-7	304	80,33
202	HUBARA-5 / ANGI-1	270	67,67
203	PASTOR-2 / HUBARA-5	247	64,33
204	PASTOR-2 / HUBARA-5	235	64,67
205	ANGI-2 / HUBARA-3	216	66,33
206	KAUZ'S' / FLORKWA-1 / GOUMRIA-3	279	75,00
207	HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2	287	81,67
208	FLORKWA-2	301	70,67
209	KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7	287	70,33
210	HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2	225	61,67
211	NORMAN	261	78,33
212	REYNA 28	215	70,33
	<b>Moyenne Générale</b>	<b>260,5</b>	<b>70,94</b>
	<b>CV</b>	<b>5,9 %</b>	<b>2,2 %</b>
	<b>Probabilité 5 %</b>	<b>0,495</b>	<b>0,002</b>

### 3-5. Variation du nombre de talles 35 jours après semis et à la maturité des différentes variétés de blé tendre

Les résultats d'analyse de la variance du nombre de talles au mètre carré à 35 JAS figurent dans la *Figure 3*. La différence entre les traitements n'est pas significative au seuil de 5 % et le nombre de talles varie d'une variété à une autre. La moyenne générale observée est de 304 talles au mètre carré et avec un coefficient de variation de 6,8 %. Les variétés ayant obtenu les meilleurs tallages à 35 jours après semis sont 201-ATTILA-7 (472) et 208-FLORKWA2 / 6 / SAKER'S' / 5 / RPS / ANZA / 3 / KVZ / HYS // YMH / TOB / 4 / BOW'S' / 7 / DAJAJA-6 (378). La variété 205-ANGI-2/HUBARA-3 enregistre le plus faible niveau de tallage avec 212 talles, que nous pouvons juger acceptable, vu le niveau de tallage des variétés de blé tendre vulgarisées au Mali. Des études menées par [21], montré que l'interruption du processus d'émission de talles constituait une des premières manifestations de conditions d'alimentation nutritionnelles, sol et environnementales, etc., limitantes pour ce pied. Par rapport aux nombres de talles au mètre carré à la maturité (talles fertiles), l'analyse des résultats n'a pas montré une différence significative entre les variétés au seuil de 5 %. Le coefficient de variation est de 5,9 % et une moyenne générale de 261 talles fertiles. Les variétés 201-ATTILA-7 (304); 208-FLORKWA-2 / 6 / SAKER'S' / 5 / RPS / ANZA / 3 / KVZ / HYS // YMH / TOB / 4 / BOW'S' / 7 / DAJAJA-6 (301) et 207-HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2 (287) ont obtenu le nombre de talle le plus élevé.

Les variétés 205-ANGI-2 / HUBARA-3, (216) et 212-REYNA 28, (215) ont enregistré le nombre de talle le plus faible. Ces résultats montrent que certaines variétés ont la capacité de produire des talles tardivement sous l'effet de la troisième fraction de l'azote et le prolongement de la période de température optimum. Par contre d'autres variétés n'ont pas cette potentialité, c'est ce qui explique l'augmentation du nombre de talles fertiles chez certaines variétés 35 JAS la période initiale de tallage. Il est possible que certaines variétés aient effectivement émis de nouvelles talles après l'observation de 35 jours après semis. Sous cette hypothèse, une observation plus tardive ou échelonnée du peuplement aurait permis une meilleure prévision. Certains auteurs comme [22, 23] ont constaté que le tallage est l'un des principaux facteurs déterminant le rendement en grains chez les céréales ; le pourcentage de transformation des talles herbacées en talles épis nous permet de dégager les variétés qui valorisent mieux le tallage herbacé dont les talles participent de manière importante à la production, et par conséquent nous pouvons constatés que les variétés qui ont plus de 50 % de talles-épis sont les plus recherchées.



**Figure 3 :** Variation de la moyenne du nombre de tiges (au tallage 35 jours après semis et à la maturité)

### 3-6. Variation de la longueur d'épis et du nombre de grains par épis des différentes variétés de blé tendre

Les résultats de l'analyse de la variance des moyennes de la longueur des épis au seuil de 5 % montrent une différence hautement significative entre les variétés et avec comme coefficient de variation 3,4 % et comme moyenne générale 8,9 cm (*Tableau 6*). Les variétés 207-HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2 (10,67 cm) et 211-NORMAN (10,33 cm) enregistrent les épis les plus longs comparées aux autres variétés. La variété 204-PASTOR-2 / HUBARA-5 (7,67 cm) enregistre les épis les plus courts. Ces résultats confirment les résultats obtenus par [24]. Par rapport aux nombres de graines par épis, l'analyse de la variance n'a pas montré une différence significative entre les traitements au seuil de 5 %. Le nombre de graines par épis varie en fonction des variétés, le stress hydrique ou la forte température peut influencer le remplissage des grains. La moyenne générale est de 48 graines par épis et le coefficient de variation est de 4,5 %. Les variétés 212-REYNA28 (52); 208-FLORKWA-2 / 6 / SAKER'S' / 5 / RPS / ANZA / 3 / KVZ / HYS // YMH / TOB / 4 / BOW'S' / 7 / DAJAJA-6 (51) et 203-PASTOR-2 / HUBARA-5 (50) ont enregistré les meilleurs nombres de graines par épis.

La variété 209-KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7 enregistre le faible nombre de grain / épi (42 graines/épis). Cette variabilité du nombre de grains / épis peut être liée au caractère génétique de la plante. Le produit entre le nombre de grain par d'épis et le nombre d'épis par mètre carré, plus particulièrement, les 30 derniers jours avant floraison constituent la période la plus critique où le nombre de grains produits par épis dépend linéairement du quotient photo thermique [25]. Le rendement en grains apparaît corrélé positivement au nombre de grains produits. Ces résultats sont en dessus de ceux obtenus par [26] sur les variétés de blé tendre dans la région de Ségou et Tombouctou avec une moyenne générale de 41 grains par épis. Les résultats de ce paramètre pour la plupart des génotypes de blé tendre rejoignent ceux de [27, 28] qui montrent que le nombre de grains par épi varie de 30 à 50 et dépend aussi bien de la fertilité de l'épi de chaque génotype.

**Tableau 6 : L'analyse de la variance des moyennes de la longueur d'épis et du nombre de grains par épis des différentes variétés de blé tendre**

Entrée	variétés ou lignées	Longueur des épis (cm)	Nombres de grains par épis
201	ATTILA-7	9,67	49
202	HUBARA-5 / ANGI-1	8,67	49
203	PASTOR-2 / HUBARA-5	8,00	50
204	PASTOR-2 / HUBARA-5	7,67	46
205	ANGI-2 / HUBARA-3	8,67	47
206	KAUZ'S' / FLORKWA-1 / GOUMRIA-3	9,00	49
207	HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2	10,67	49
208	FLORKWA-2	8,33	51
209	KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7	8,67	42
210	HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2	9,00	44
211	NORMAN	10,33	46
212	REYNA 28	8,33	52
<b>Moyenne générale</b>		<b>8,9</b>	<b>48</b>
<b>CV</b>		<b>3,4 %</b>	<b>4,5 %</b>
<b>Probabilité 5 %</b>		<b>0,003</b>	<b>0,357</b>

### 3-7. Verse physiologique et score agronomique des différentes variétés de blé tendre

L'analyse des résultats sur les variables, verse et le score agronomique figurent dans le **Tableau 7**. Les résultats au seuil de 5 % ne montrent pas de différence significative entre les variétés concernant les deux variables ci-dessus citées. Pour la verse, la moyenne générale est de 0,07. La verse proche de 0, est une caractéristique variétale recherchée dans les conditions de culture, compte tenu des vents forts qui soufflent dans les zones de productions de blé au Mali pendant la phase d'épiaison-maturité. Donc, cela dénote que toutes les variétés testées se comportent mieux à la verse dans les conditions de culture de la zone de l'Office du Niger. Toutefois, une baisse de la température au début de la montaison et l'apport d'azote excédentaire ou de forts reliquats d'azote favorisent le tallage herbacé et par conséquent un étiolement des tiges rendant sensible les variétés résistantes à la verse physiologique [20]. Par rapport au score agronomique, les résultats d'analyse de variance révèlent une différence non significative entre les variétés au seuil de 5 %. La moyenne générale est de 4,06 et le coefficient de variation 1,2 %. Dans l'ensemble, toutes les variétés ont un score agronomique appréciable. Cependant, les variétés 208-FLORKWA-2 / 6 / SAKER'S' / 5 / RPS / ANZA / 3 / KVZ / HYS // YMH / TOB / 4 / BOW'S' / 7 / DAJAJA-6 et 209-KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7 ont un bon score agronomique (**Tableau 7**).

**Tableau 7 : Analyse de variance des moyennes de la verse et du score agronomique des différentes variétés**

N° Entré	lignées ou variétés	Verse	score agronomique
201	ATTILA-7	00	4,00
202	HUBARA-5 / ANGI-1	00	4,00
203	PASTOR-2 / HUBARA-5	00	4,00
204	PASTOR-2 / HUBARA-5	00	3,7
205	ANGI-2 / HUBARA-3	0,33	3,7
206	KAUZ'S' / FLORKWA-1 / GOUMRIA-3	00	4,3
207	HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2	00	4,00
208	FLORKWA-2	00	4,67
209	KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7	00	4,67
210	HUBARA-2 / QAFZAH-21//DOVIN-2	00	4,33
211	NORMAN	00	3,33
212	REYNA 28	0,33	3,67
<b>Moyenne générale</b>		<b>0,07</b>	<b>4,06</b>
<b>CV</b>		<b>-</b>	<b>1,2 %</b>
<b>Probabilité 5 %</b>		<b>0,477</b>	<b>0,145</b>

### 3-8. Poids paille et indice de récolte des différentes variétés de blé tendre

L'analyse des résultats de l'indice de récolte (rapport poids paille/poids grains) et du poids paille figure dans le tableau 8. La différence au seuil de 5 % est significative entre les variétés pour la variable indice de récolte. La moyenne générale est de 60 % et le coefficient de variation est de 0,7 %. Les variétés ayant un bon indice de récolte sont : 208-FLORKWA-2 / 6 / SAKER'S' / 5 / RPS / ANZA / 3 / KVZ / HYS // YMH / TOB / 4 / BOW'S' / 7 / DAJAJA-6 (75 %) et 211-NORMAN (70 %) et celles ayant un indice bas sont : 212-REYNA 28 (52 %) ; 210-HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2 (51 %) et 209-KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7 (49 %). L'indice de récolte ou rapport grain sur paille, peut-être interprété selon les besoins recherchés. Dans le cas du blé tendre et particulièrement les variétés récentes orientées plutôt vers la production du grain est donc à l'alimentation humaine. Il s'agit de génotypes nains, une attention particulière doit être portée sur l'alimentation des animaux d'autant plus que les zones de production du blé au Mali sont des zones agro silvo pastorales. Par rapport au poids paille, la différence au seuil de 5 % est hautement significative entre les variétés avec comme moyenne générale de 1800 kg ha<sup>-1</sup> et comme coefficient de variation de 7 %. Les variétés 207-HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2; 208-FLORKWA 2 / 6 / SAKER'S' / 5 / RPS / ANZA / 3 / KVZ / HYS // YMH / TOB / 4 / BOW'S' / 7 / DAJAJA-6; 209-KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7 et 211-NORMAN enregistrent les meilleurs poids paille qui sont respectivement 2520; 2260; 2170 et 2060 kg ha<sup>-1</sup>. Les variétés 210-HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2 et 203-PASTOR-2 / HUBARA-5 enregistrent les plus faibles poids paille qui sont respectivement 1250 et 1230 kg ha<sup>-1</sup>.

**Tableau 8 : Poids paille et indice de récolte des différentes variétés de blé tendre**

Entrée	variétés ou lignées	Indice de récolte (%)	Poids paille (Kg ha <sup>-1</sup> )
201	ATTILA-7	67	1780
202	HUBARA-5 / ANGI-1	56	1940
203	PASTOR-2 / HUBARA-5	59	1230
204	PASTOR-2 / HUBARA-5	55	1440
205	ANGI-2 / HUBARA-3	63	1290
206	KAUZ'S' / FLORKWA-1 / GOURMIA-3	65	1670
207	HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2	63	2520
208	FLORKWA-2	75	2260
209	KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7	49	2170
210	HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2	51	1250
211	NORMAN	71	2060
212	REYNA 28	52	1990
	<b>Moyenne générale</b>	<b>60</b>	<b>1 800</b>
	<b>CV</b>	<b>0,7 %</b>	<b>7 %</b>
	<b>Probabilité 5 %</b>	<b>0,05</b>	<b>0,006</b>

### 3-9. Poids mille grains et du rendement des différentes variétés de blé tendre

Les résultats du poids de mille grains et du rendement parcellaire sont consignés dans le **Tableau 9**. Par rapport au poids 1000 grains, la différence entre les traitements au seuil de 5 % est hautement significative. La moyenne générale est de 41,67 g et le coefficient de variation est de 2,4 %. Les variétés 211-NORMAN (49,33 g); 209-KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7 (46,67 g) et 207-HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2 (44,67 g) enregistrent les meilleurs poids de 1000 grains, ces résultats sont supérieurs aux nouvelles variétés introduites au Mali [29]. La variété 204-PASTOR-2 / HUBARA-5 enregistre le plus faible poids de mille grains (36 g). L'analyse de la variance au seuil de 5 % par rapport au rendement parcellaire montre une différence non significative entre les variétés. Le coefficient de variation est de 14,1 % et la moyenne

générale 4676 kg ha<sup>-1</sup>. Les meilleurs rendements sont obtenus avec les variétés 207-HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2 (6021 kg ha<sup>-1</sup>); 211-NORMAN (5568 kg ha<sup>-1</sup>) et 209-KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7 (5303 kg ha<sup>-1</sup>). Ces résultats sont supérieurs aux résultats obtenus par [29] par les variétés de blé tendre sous irrigation dans les régions de Tombouctou, Gao et Ségou. La variété 210-HUBARA-2 / QAFZAH-21 //DOVIN-2 a obtenu le plus faible rendement avec 3488 kg ha<sup>-1</sup> qui avoisine la moyenne nationale (3 t ha<sup>-1</sup>).

**Tableau 9 :** Analyse de variance des résultats de poids de mille grains et du rendement des différentes variétés de blé tendre

Entrée	variétés ou lignées	Poids 1000 Grains (g)	Rendement parcellaire (kg ha <sup>-1</sup> )
201	ATTILA-7	42,67	4841
202	HUBARA-5 / ANGI-1	40,00	4715
203	PASTOR-2 / HUBARA-5	40,00	4679
204	PASTOR-2 / HUBARA-5	36,00	4019
205	ANGI-2 / HUBARA-3	38,33	3821
206	KAUZ'S' / FLORKWA-1 / GOUMLIA-3	39,67	4688
207	HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2	44,67	6021
208	FLORKWA-2	41,00	5105
209	KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7	46,67	5303
210	HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2	42,00	3488
211	NORMAN	49,33	5568
212	REYNA 28	40,67	3864
	<b>Moyenne générale</b>	<b>41,75</b>	<b>4381</b>
	<b>CV %</b>	<b>2,4 %</b>	<b>14,1 %</b>
	<b>Probabilité 5 %</b>	<b>0,003</b>	<b>0,950</b>

#### 4. Conclusion et perspectives

Cette étude a consisté à identifier des variétés de blé tendre très performantes qui s'adaptent à la zone de l'Office du Niger. Cependant, l'évaluation du niveau d'adaptation de ces variétés de blé tendre a montré une variabilité entre les géotypes testés. Cette variabilité a été notée au niveau du nombre total de talles, du nombre total de talles fertiles, de la taille des plantes à maturité, de la période de 50 % de floraison, de l'indice de récolte, du poids mille grains, du nombre de grains par épis et du rendement grain. Les meilleurs rendements ont été obtenus par les variétés 207-HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2 (6021 kg ha<sup>-1</sup>); 211-NORMAN (5568 kg ha<sup>-1</sup>) et 209-KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7 (5303 kg ha<sup>-1</sup>), avec une augmentation de rendement de 10 à 20 % par rapport aux variétés vulgarisée dans la parti nord du Pays (Diré et Goumdam dans la région de Tombouctou).

Les mêmes variétés ont eu un poids mille grains supérieur avec respectivement 49,33 pour 211-NORMAN 46,67 pour 209-KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7 et 44,67 g pour HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2. En ce qui concerne le rendement en paille ou biomasse aériennes, le meilleur rendement ont été obtenu par les 207-HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2 (2520 kg), 208-FLORKWA-2 (2260kg), 209-KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7 (2170 kg) qui est une caractéristique importante compte tenu du caractère agro éleveur des producteurs de la zone Office du Niger. Rapport à la hauteur des plants les variétés suivantes ont enregistré la hauteur la plus longue 207-HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2 (81,67 cm) 201-ATTILA-7 (80,33 cm), 211-NORMAN (78,33 cm), l'ensemble des variétés ont un cycle très précoce à précoce compris entre 85 et 97 jours de semis à la maturité. Les variétés 207-HUBARA-2 / QAFZAH-21 // DOVIN-2 (6021 kg ha<sup>-1</sup>); 211-NORMAN (5568 kg ha<sup>-1</sup>) et

209-KATILA-17 / DEEK2 / 8 / VEE'S' / 7 (5303 kg ha<sup>-1</sup>), peuvent être retenues comme mieux adaptées aux conditions agro climatiques de la zone d'étude avec un rendement stable sur les deux premières années de criblages (à Office du Niger au centre du Mali et à Diré au Nord du Mali). Ces variétés peuvent être proposées pour une large diffusion après inscription au catalogue national des espèces et variétés.

### En guise de perspectives

- La prise en charge de la culture de blé à plus grande échelle dans les stratégies de diversification de la production végétale dans la zone Office du Niger ;
- La poursuite des activités de recherches en fonction des besoins des consommateurs et des industries de transformation ;
- La mise en place d'un programme de croisement génétique pour améliorer la diversité génétique des variétés locales de blé tendre ;
- La détermination de la rentabilité (évaluation économique) de la culture de blé en zone Office du Niger ;
- La mise en place d'un programme de production de semences de base, afin que les paysans bénéficient de ces résultats.

### Références

- [1] - SARD-C—Mali, *Rapport des activités de recherches du projet-blé*, (2014) 2 p.
- [2] - Cellule de Planification et de Statistique Agricole, (2012) 10 p.
- [3] - O. GOITA, *Stratégie d'intégration de la culture de blé dans la zone officielle du Niger : Rapport provisoire*, (2004) 2 - 5 p.
- [4] - O. GOITA et B. DIAWARA, *Note technique sur la culture du blé au Mali*. Centre Régionale de Recherche Agronomique de Gao, (2008) 5 p.
- [5] - MA HASSAN, *Physiological changes in wheat under late planting heat stress*. Msc thesies, department of Crop Botany, Bangabandhu Sheikh Mujibur Rahman Agricultural University, salna, Gazipur, Bangladesh, (2002) 244 p.
- [6] - A. HOSSAIN, MV. LOZOVSKAYA, VP. ZVOLINSKY, JA. TEIXEIRA DA SILVA, Effet of soil and climatic conditions on phenology of spring wheat varieties in the northern bangladesh. *N Sciences : Journal of Fundamental and Applied Sciences*, (2012) 78 - 86 p.
- [7] - M. BOGARD, *Analyse génétique et éco physiologique de l'écart à la relation teneur en protéines - rendement en grains chez le blé tendre (Triticum aestivum L.)*. Agricultural sciences Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II, (2011) 18 - 52 p.
- [8] - P. OSCARSON, The strategy of the wheat plant in acclimating growth and grain production to nitrogen availability. *Journal of experimental botany*, 51 (352) (2000) 1921 p.
- [9] - P. OSCARSON, The strategy of the wheat plant in acclimating growth and grain production to nitrogen availability. *Journal of experimental botany*, 51 (352) (2000) 1921 p.
- [10] - J. Power and J. ALESSI, Tiller development and yield of standard and semidwarf spring wheat varieties as affected by nitrogen fertilizer. *The Journal of Agricultural Science*, 90 (01) (1978) 97 - 108.
- [11] - J. LAUER and S. SIMMONS, Canopy light and tiller mortality in spring barley. *Crop Sci*, (29) (1989) 420 - 424 p.
- [12] - M. DEL MORAL AND L. DEL MORAL, Tiller production and survival in relation to grain yield in winter and spring barley. *Field Crops Research*, (1995) 85 - 93 p.
- [13] - O. GOITA et B. DIAWARA, *Amélioration des techniques culturales et introduction de variétés de Blé à haute valeur boulangère*. Rapport de Recherche, (2007) 8 - 11 p.

- [14] - A. LAPERCHÉ, M. BRANCOURT-HULMEL, E. HEUMEZ, O. GARDET, E. HANOCQ, F. DEVIENNE-BARRET and J. LE GOUIS, Using genotype  $\times$  nitrogen interaction variables to evaluate the QTL involved in wheat tolerance to nitrogen constraints. *TAG Theoretical and Applied Genetics*, 115 (3) (2007) 399 - 415 p.
- [15] - I. BAURLE, C. DEAN, The timing of developmental transitions in plants, (2006) (125) 655 - 664 p.
- [16] - O. GOITA et S. GUINDO, *Introduction des variétés améliorées et amélioration des techniques culturales du blé dans la région de Tombouctou*. Rapport de la 15<sup>ème</sup> session de la commission scientifique du CNRA, (2008) 3 p.
- [17] - O. GOITA, S. GUINDO, B. KAMISSOKO, *Test d'introduction des variétés améliorées de blé à haut potentiel de rendement et à haute valeur boulangères dans les systèmes irrigués du Mali*. Rapport de recherche, (2010) 2 - 5 p.
- [18] - R. Del Moral, Mechanisms of primary succession on volcanoes : a view from Mount St. Helens. *In* J. Miles and D. H. Walton [eds.], *Primary succession on land*, Blackwell Scientific Publications, London, UK, (1993) 79 - 100 p.
- [19] - N. SOUILAH, Diversité de 13 génotypes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et de 13 génotypes de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) : *Etude des caractères de production et d'adaptation*. (2008 - 2009) 49 - 50 p.
- [20] - ARVALIS, Institut du végétal Région Auvergne. *Lute contre la verse physiologique des céréales, blé et orge*, (2014) 147 - 1498 p.
- [21] - J. MASLE-MEYNARD, L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. Thèse de Docteur-Ingénieur. INA-PG, Paris, (1980) 274 p.
- [22] - P. HUCL et R. J. BAKER, Tillering patterns of spring wheat genotypes in semi - arid environment. *Can J Plant, Sci.*, (69) (1989) 71 - 79 p.
- [23] - D. J. DAVIDSON and P. M. CHEVALIER, Anthesis tiller mortality in spring wheat. *Crop Sci.*, (30) (1990) 832 - 836 p.
- [24] - O. GOITA, S. GUINDO, B. KAMISSOKO, *Test d'introduction des variétés améliorées de blé à haut potentiel de rendement et à haute valeur boulangères dans les systèmes irrigués du Mali*. Rapport de recherche, (2010) 2 - 5 p.
- [25] - RA. FISCHER, Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, (105) (1985) 447 - 461 p.
- [26] - O. GOITA et B. DIAWARA, *Amélioration des techniques culturales et introduction de variétés de Blé à haute valeur boulangère*. Rapport de Recherche, (2007) 8 - 11 p.
- [27] - T. ALI DIB, Ph. MONNEVEUX et J. L. ARAUS, Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) Caractères physiologiques d'adaptation. *Agronomie*, (12) (1992) 381 - 393 p.
- [28] - G. GEBEYHOU and D. R. KAOLT, Response of durum cultivars to water stress in the field and grain. *Can J. Plant, Sci.*, (63) (1993) 801 - 814 p.
- [29] - O. GOITA, S. GUINDO, B. KAMISSOKO, *Test d'introduction des variétés améliorées de blé à haut potentiel de rendement et à haute valeur boulangères dans les systèmes irrigués du Mali*. Rapport de recherche, (2010) 2 - 5 p.