

**UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA**

**Faculté des sciences agrovétérinaires**

Département d'agronomie

## **MEMOIRE DE MAGISTER**

Spécialité : Amélioration des productions végétales

### **CONTRIBUTION A L' ETUDE DE LA NUTRITION AZOTEE CHEZ CERTAINES VARIETES DE BLE DUR**

Par

**Aicha ABED**

Devant le jury composé de :

Ammar. Boutekrabt	Professeur, U. de Blida	Président
Sylvain. Chaillou	Professeur, Agro-campus, Paris	Examineur
Hammina. Bouzerzour	Professeur, U. de Setif	Examineur
Hammouche. Bachir	MA CC, U. de Blida	Examineur
Mohamed. Bencheikh	Maître de conférences, U. de Chlef	Rapporteur

Blida, 21/ 05 / 2008

## LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

AC	: Acalou
AR	: Ardenté
AZF	: azote total de la période floraison
AZM	: azote total de la période de maturité
AZG	: azote total des graines
CE	: conductivité électrique
CV	: coefficient de variation
CO	: carbone organique
CYVE	: cycle végétatif
d	: densité
D	: dose d'azote
D <sub>1</sub>	: dose d'azote au semis
D <sub>2</sub>	: dose d'azote à la montaison
D <sub>3</sub>	: dose d'azote au semis, au tallage et à la montaison
ddl	: degré de liberté
EF	: épiaison- floraison
EX	: Exacalabur
FM	: floraison –maturité
Génot	: génotype
G	: Guemgoum
H	: Hedba
LCE	: longueur du col de l'épi
LFE	: longueur de la feuille étendard
LP	: longueur (hauteur) de la paille
LT	: levée -tallage
ME	: montaison –épiaison
MO	: matière organique
MOY	: moyenne
MS	: matière sèche
N	: Nefer

NGE : nombre de grains par épi  
PMG : poids de mille grains  
Prob : probabilité  
Rdt : rendement en grain  
TE : talles épiées  
TH : talles herbacées  
TM : tallage –montaison  
SL : semis - levé  
Var : variété

## LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX

Figure1.1 : Action des facteurs et des conditions de production sur les composantes de rendement du blé.	24
Figure 2.1a : La séquence des pluies (mm) et le cycle végétatif du blé de la 1 <sup>ère</sup> année.	46
Figure 2.1b : La séquence des pluies (mm) et le cycle végétatif du blé de la 2 <sup>e</sup> année.	46
Figure 2.2 : Plan expérimental	51
Figure 2.3 : Evolution des variétés étrangères selon les apports azotés, stade de maturité 1 <sup>ère</sup> année.	53
Figure 2.4 : Evolution des variétés locales selon les apports azotés, stade de maturité, 1 <sup>ère</sup> année.	54
Figure2.5 : Evolution des variétés étrangères selon les apports azotés, Stade de maturité 2 <sup>ème</sup> année.	55
Figure 2.6 : Evolution des variétés locales selon les apports azotés, stade de maturité, 2 <sup>ème</sup> année.	56
Figure3.1 : La durée du stade semis -levée en fonction des doses d'azote durant les deux années de culture (a : 1 <sup>ère</sup> année, b : 2 <sup>ème</sup> année).	59
Figure 3.2 : La durée du stade levée- tallage en fonction des doses d'azote durant les deux années de culture (a : 1 <sup>ère</sup> année, b : 2 <sup>ème</sup> année).	59
Figure 3.3 : La durée du stade tallage- montaison en fonction des doses d'azote durant les deux années de culture (a : 1 <sup>ère</sup> année, b : 2 <sup>ème</sup> année).	60
Figure 3.4 : La durée du stade montaison- épiaison en fonction des doses d'azote durant les deux années de culture (a : 1 <sup>ère</sup> année, b : 2 <sup>ème</sup> année).	61
Figure 3.5 : La durée du stade épiaison – floraison en fonction des doses d'azote durant les deux années de culture (a : 1 <sup>ère</sup> année, b : 2 <sup>ème</sup> année).	61
Figure 3.6 : La durée du stade floraison- maturité en fonction des doses d'azote durant les deux années de culture (a : 1 <sup>ère</sup> année, b : 2 <sup>ème</sup> année).	62

Figure 3.7 : La durée du cycle végétatif en fonction des doses d'azote durant les deux années de culture (a : 1 <sup>ère</sup> année, b : 2 <sup>ème</sup> année).	63
Figure 3.8 : Le nombre de talles herbacées en fonction des génotypes durant les deux années de culture (a: 1 <sup>ère</sup> année, b: 2 <sup>ème</sup> année).	64
Figure 3.9 : Le nombre de talles épiées en fonction des génotypes durant les deux années de culture (a: 1 <sup>ère</sup> année, b: 2 <sup>ème</sup> année).	65
Figure 3.10 : La hauteur des plantes en fonction des génotypes durant les deux années de culture (a : 1 <sup>ère</sup> année, b : 2 <sup>ème</sup> année).	68
Figure3.11 : La longueur de la feuille étendard en fonction des génotypes durant les deux années de culture (a : 1 <sup>ère</sup> année, b : 2 <sup>ème</sup> année).	68
Figure 2.12 : La longueur du col de l'épi en fonction des génotypes durant les deux années de culture (a : 1 <sup>ère</sup> année, b : 2 <sup>ème</sup> année).	70
Figure 3.13 : Le nombre de grains par épi en fonction des génotypes durant les deux années de culture (a : 1 <sup>ère</sup> année, b : 2 <sup>ème</sup> année).	72
Figure 3.14 : Le poids de mille grains en fonction des génotypes durant les deux années de culture (a : 1 <sup>ère</sup> année, b : 2 <sup>ème</sup> année).	74
Figure3.15 : Le rendement en grains en fonction des génotypes durant les deux années de culture (a : 1 <sup>ère</sup> année, b : 2 <sup>ème</sup> année).	75
Figure 3.16 : L'évolution du rendement en grains chez les génotypes durant les deux années de culture.	76
Figure 3.17 : Courbes de régression du rendement en grains en fonction du nombre de talles herbacées.	79
Figure3.18 : Courbes de régression du rendement en grains en fonction du nombre de talles épiées.	81
Figure 319 : Courbes de régression du rendement en grains en fonction de la hauteur de la paille.	82

Figure 3.20 : Courbes de régression du rendement en grains en fonction de la longueur de la feuille étandard.	83
Figure 3.21 : Courbes de régression du rendement en grains en fonction du nombre de grains par épi.	84
Figure 2.22 : Courbes de régression du rendement en grains en fonction du poids de mille grains.	85
Figure 3.23 : La teneur en azote total à la floraison durant les deux années de culture (a : 1 <sup>ère</sup> année, b : 2 <sup>ème</sup> année).	95
Figure 3.24 : La teneur en azote total à la maturité durant les deux années de culture, (a : 1 <sup>ère</sup> année, b : 2 <sup>ème</sup> année).	96
Figure 3.25 : Teneur en azote total des graines durant les deux années de culture, (a : 1 <sup>ère</sup> année, b : 2 <sup>ème</sup> année).	98
Figure 3.26 : Courbes de régression de l'azote total aux trois périodes de prélèvement durant la 1 <sup>ère</sup> campagne.	100
Figure 3.27 : Courbes de régression de l'azote total aux trois périodes de prélèvement durant la 2 <sup>ème</sup> campagne.	101
Figure 3.28 : Courbes de régression du rendement en grains en fonction de l'azote total aux trois périodes de prélèvement chez le génotype Hedba pendant les deux campagnes	107
Figure 3.29 : Courbes de régression du rendement en grains en fonction de l'azote total aux trois périodes de prélèvement chez le génotype Guemgoum pendant les deux campagnes.	108
Figure 3.30 : Courbes de régression du rendement en grains en fonction de l'azote total aux trois périodes de prélèvement chez les génotypes importés pendant la 1 <sup>ère</sup> année.	110
Figure 3.31 : Courbes de régression du rendement en grains en fonction de l'azote total aux trois périodes de prélèvement durant la 2 <sup>ème</sup> année chez les génotypes importés.	112
Tableau 1. 1 : Teneur en azote total du blé à différents stades en (%) par rapport matière sèche.	36
Tableau 2.1 : Précipitations mensuelles (mm) ITGC de Khemis Miliana.	45
Tableau 2.2 : Températures mensuelles (°C) ITGC de Khemis Miliana.	47
Tableau 2.3 : Analyse granulométrique du sol.	48

Tableau 2.4 : Analyse chimique du sol (prélèvement effectué à 1m de profondeur.	49
Tableau 3.1 : Nombre moyen de talles herbacées, talles épis et le ratio talles épis/talles herbacées.	64
Tableau 3.2 : Nombre moyen de talles herbacées, talles épiées et ratio TE/TH des interactions génotype*dose d'azote.	66
Tableau 3.3 : Nombre moyen de la hauteur de la paille des génotypes.	67
Tableau 3.4 : Nombre moyen de la longueur de la feuille étendard.	69
Tableau 3.5 : Nombre moyen de la longueur du col de l'épi des génotypes.	69
Tableau 3.6 : Le nombre moyen de la longueur du col épi sous l'effet de la dose d'azote.	70
Tableau 3.7 : Nombre moyen du grains /épi et du poids de mille grains.	73
Tableau 3.8 : Nombre moyen de grains /épi et le poids de mille grains sous l'interaction du génotype avec la dose d'azote.	73
Tableau 3.9 : Nombre moyen de rendement sous l'effet de génotype.	74
Tableau 3.10 : Variation du nombre moyen de la teneur en azote total à la période Floraison.	74
Tableau 3.11 : Variation du nombre moyen de la teneur en azote total à la maturité.	96
Tableau 3.12 : Variation du nombre moyen de la teneur en azote total Des graines.	97

## REMERCIEMENTS

Qu'il me soit permis d'exprimer au terme de ce travail, tout mes remerciements à Monsieur Bencheikh Mohamed, maître de conférences à l'université Hassiba Ben Bouali de Chlef d'avoir accepté de diriger ce travail, et pour qui je dois ma reconnaissance. Sa patience, sa compréhension et son goût du travail bien fait ont grandement contribué à l'orientation et la réalisation de ce mémoire.

Je tiens tout particulièrement à remercier Monsieur Boussalhih Ibrahim, chargé de cours au centre universitaire de Khemis Miliana, qui grâce à son aide utile et sa disponibilité constante durant l'expérimentation, ce travail a pu être réalisé.

Mes remerciements vont ensuite aux membres de jury, devant lequel j'ai l'honneur de comparaître : à Monsieur Boutekrabt Ammar, professeur à l'université Saad Dahleb de Blida d'avoir voulu me faire l'honneur de présider le jury, aux examinateurs, Monsieur Chaillou Sylvain, professeur à Agro campus, Paris-Grignon dont je ne saurais exprimer ma profonde reconnaissance d'avoir pris la peine de venir jusqu'au ici pour enrichir et rendre plus lisible ce manuscrit avec ses critiques et ses conseils d'une grande valeur, Monsieur Bouzerzour Haminna, professeur à l'université de Sétif, d'avoir accepté de faire partie du jury. Ces remarques me seront d'une grande utilité. Enfin mes remerciements vont à Monsieur Hammouche Bachir, maître assistant, chargé de cours à l'université de Blida, d'avoir voulu me faire l'honneur en acceptant d'être parmi le jury.

Que Monsieur Chadouli Ahmed, directeur de I.T.G.C de Khemis Miliana, trouve ici mes remerciements les plus sincères de m'avoir permis l'accès à la station expérimentale et de bien veiller sur le bon déroulement de l'expérimentation.

Je remercie également Monsieur Achour Djilali professeur à l'université de Chlef, Monsieur Bouthiba Abdelkader chargé de cours et Monsieur Aiouaz de la faculté de biologie, université Hassiba Ben Bouali qui m'ont aidé à poursuivre mes études de post graduation.

Je saisis l'occasion pour exprimer mes remerciements les plus sincères à l'ensemble des enseignants de l'université Hassiba Ben Bouali de Chlef et de Saad Dahleb de Blida qui ont contribué à ma formation, particulièrement à Monsieur Aissat, M<sup>ème</sup> Benkahla, Monsieur Bensaada, Monsieur Houari, Monsieur Setti, Monsieur Saidi, Monsieur Saadi, Monsieur Amzert, Monsieur Nadji, Monsieur Zemmouri pour leur aide fructueuse, ainsi que Monsieur Kouidri Mohamed., je le remercie pour son aide dévouée et efficace.

Je remercie également mes collègues de travail, Monsieur Benyamina, Monsieur Hadj Mehdi, Monsieur Belalia, Monsieur Chaouch et Monsieur Ait Ziane de m'avoir prodigué le matériel indispensable pour la réalisation des essais.

J'adresse mes remerciements à Meriem, Amel, Nadia Hamdani, Nadia Maarouf, Malika, Oudida, Souhila, Kheira pour leur aide amicale.

Enfin, ma gratitude va à toutes mes amies, particulièrement à Naziha, Khadidja Mostefa Chebra, Fatima Guemedi, Amina Abed, Keltoum, Khadidja khouatmiani, Houria, Fatima, Naima, Faiza, Zahira, Soumia, Lalia pour leur soutien moral, leur présence et leur bonté.

## DEDICACE

**A** l'être qui m'a donné le courage et le savoir faire.....Mon cher défunt père.

**A** ma chère mère qui m'a soutenu et dû me supporter.

**A** mes chers neveux et nièce Abdelkader Wail, Ihab, Yesmine.

**A** mes sœurs et belles sœurs.

**A** mes frères et beau frère.

## RESUME

Il existe des situations ou des stades physiologiques, dépendant aussi bien de l'environnement que du développement, pour lesquels la plante doit gérer son azote. La maîtrise de la nutrition azotée en cours de culture est un facteur déterminant pour des raisons économiques et environnementales où l'obtention de hauts niveaux de rendement en grains constitue un objectif primordial, sur lequel dépend la valeur d'un génotype.

Une série d'essais de six génotypes de blé dur, deux locaux à paille haute implantée dans deux sols différents, l'un appauvri en azote (1<sup>ère</sup> campagne) et l'autre riche en azote (2<sup>ème</sup> campagne) dans la région de Khemis Miliana et soumise à des doses d'azote apportées à des stades différents de leurs cycles végétatifs, a permis de prédire en conditions normales de culture le comportement différentiel des génotypes vis-à-vis des apports azotés et leur milieu d'implantation, par une diversité assez importante dans leur réponse, concernant ;

L'effet de la nutrition azotée sur la durée des stades phénologiques, qui semble être moins perceptible que l'effet génotype. La dose d'azote idéale correspondant à un meilleur rendement en grains, ou l'analyse des résultats a montré que le rendement en grains chez ces génotypes divergents reste fortement déterminé par ses deux composantes principales le nombre de grains par épi et le poids de mille grains qui sont d'autant plus influencés par les facteurs climatique que les apports azotés. Néanmoins une fertilisation azotée fractionnée en trois périodes (semis, tallage et montaison) est à recommander. Leur capacité d'absorption de l'azote, déterminée par la teneur en azote total de la paille et des graines et leur efficacité dans l'utilisation de l'azote absorbé, extrapolée au taux du rendement en grain élaboré. une supériorité des génotypes étrangers est à signaler concernant la teneur en azote total absorbée de la paille et des graines.

**Mots clés :** Blé, nutrition azotée, paille, stades phénologiques, rendement en grains, capacité d'absorption et efficacité d'utilisation de l'azote.

## Abstract

The plant physiological cases have a solid correlation with stages development and its environment, which reflect on the absorbed nitrogen content and then on the yield content which consider the essential elements controlling type quality in the field of plant breeding.

The study had done on six cultivars of durum wheat, two of them local with long stem (Hedba, Guemgoum) and four imported cultivars with short stem (Acalou, Ardenté, Nefer et Excalabur). Cultivars sowed over two years in soil with various content of nitrogen, the first soil was defective in nitrogen content in first year, and the second was saturated with nitrogen in second year.

Also we treated with nitrogen fertilizer in differs stages of the plant cycle. The first quantity in the emergence stage, the second in the growing stem stage and the third at the stems development.

The response of cultivars to the nitrogen nutrition and growing environment were different, so the analysis of these results which got from these experiment Leads to the following points.

1- The nitrogen nutrition give a simple role for life cycle elongation for cultivars, the cultivars effect has the essential role for plant life.

2 -The highest yield was at nitrogen content level which distributed on the growing stages for cultivars, but the fixing the yield still correlated with two parts, number of seeds and its weight which got a great role by the environment.

3-The absorption strength which controlled by nitrogen content finding in stems

**Keys words** : Wheat, nitrogen fertilizer,, plant life stage, absorption ability, absorption nitrogen activity, seed yield.



## TABLE DES MATIERES

RESUME	2
REMERCIEMENTS	4
TABLE DES MATIERES	7
LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES ET TABLEAUX	9
<b>INTRODUCTION</b>	<b>14</b>
<b>1-L'EFFICACITE D'ABSORPTION ET D'UTILISATION DE L'AZOTE</b>	
1.1- Introduction	17
1.2- Les céréales	17
1.3- L'azote et le rendement	23
1.3.1-Le rendement	23
1.3.2- l'effet de l'azote sur le rendement	30
<b>2. MATERIAUX ET ESSAIS</b>	
2.1- Introduction	44
2.2- Choix du matériel végétal	44
2.3- Expérimentation	45
2.4- Les conditions expérimentales	45
2.4.1- Les conditions climatiques	45
2.4.2- Les conditions édaphiques	48
2.4.3-Mises en place et conduite des essais	49
2.4.4- Paramètre mesurés	52

<b>3. ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS</b>	
3.1- Introduction	58
3.2- Comportement des géotypes vis-à-vis des apports azotés	58
3.2.1- Stades phénologiques	58
3.2.2- Les caractères morphologiques	63
3.2.3- Le rendement en grains et ses composantes principales	71
3.2.4- Etude des corrélations	77
3.2.5- Discussion	86
3.3-Comportement des géotypes vis-à-vis de l'azote total assimilé	94
3.3.1- Analyse de l'azote total à la floraison	94
3.3.2- Analyse de l'azote total à la maturité	95
3.3.3- Analyse de l'azote total des graines	97
3.3.4- Etudes des corrélations	99
3.5- Discussion	113
<b>CONCLUSION</b>	123
<b>RECOMMANDATION</b>	128
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	



## INTRODUCTION

Un fort rendement suppose nécessairement une nutrition azotée abondante, ceci est lié aux effets plus spectaculaires de cet élément sur le rendement et à ses retombées au niveau de la qualité. Les plantes utilisent qu'une petite quantité de l'azote total appliqué, une grande partie est perdue par lixiviation et dénitrification ce qui en résulte une pollution de l'eau souterraine par les nitrates. Les considérations environnementales exigent l'efficacité dans l'utilisation des ressources dans les systèmes de production de végétal. Ce paradoxe ne peut être résolu qu'avec un choix précis des variétés, des doses d'azote et des dates d'application suivant les besoins de la culture.

La culture des céréales a évolué vers une diminution de la fumure azotée, et la réponse différentielle des céréales aux conditions de la nutrition limitées est peu connue.

Néanmoins, il faut se souvenir que le potentiel d'une culture est déterminé d'abord par les facteurs génétiques et climatiques ; l'azote intervenant pour soutenir l'expression de ce potentiel. D'autre part au delà d'un maximum, fonction de l'espèce, de la variété, et des conditions du milieu, l'azote n'est plus valorisé en termes de production végétale, de rendement.

La multiplication conventionnelle pour un plus grand rendement est basée sur l'utilisation du rendement de la plante elle-même comme force du choix du caractère. Cette approche exige des essais multi caractères. La progression génétique dans l'accroissement du rendement en grains chez les céréales est le résultat de deux facteurs essentiels :

-L'accroissement du rendement biologique : le progrès génétique doit résulter d'une augmentation de l'efficacité photosynthétique des céréales qu'est la résultante de l'effort consenti sur les caractères morphologiques et physiologiques [23].

-L'accroissement de la ration en grains par rapport à la paille du blé ; d'où la sélection de variétés naines pour lesquelles le rapport grains par paille est le plus élevé possible. De nombreux travaux avaient montré que des différences variétales existaient pour l'absorption ou l'utilisation d'azote à différents niveaux de nutrition azotée chez le blé [21], [31].

Pour notre part, nous nous sommes investis dans une projection des études entreprises auparavant sur deux géotypes locaux à paille haute et d'autres importés à paille naine de blé dur en introduisant l'effet de l'interaction géotype x dose d'azote x milieu pour caractériser les capacités d'absorption et d'utilisation de l'azote et le rythme de développement de chaque géotype étudié.

C'est une étude préliminaire d'un projet consacré à l'estimation de la variabilité génétique pour les caractères liés à l'utilisation d'azote et au déterminisme génétique des différences variétales à l'égard de cette dernière, en exploitant ainsi les différentes sources de variabilité génétique locales qui se révèle riche en diversité et facilement accessible pour être utilisée dans la création des variétés absorbant et valorisant bien l'azote apporté, cette valorisation pourrait déboucher sur des variétés exportant plus d'azote sous forme de grains, éventuellement plus riche en protéines en associant certains caractères qui leur faisait défaut à partir des variétés introduites à l'aide des hybridations pour accroître leur potentiel de production.

# CHAPITRE 1

## L'EFFICACITE D'ABSORPTION ET D'UTILISATION DE L'AZOTE CHEZ LES CEREALES (LE BLE DUR)

### 1.1-Introduction

Le chapitre présent est une revue bibliographique présentant dans un premier temps les principales caractéristiques botaniques et écophysologiques de blé dur ainsi que son origine génétique. L'élaboration du rendement en grains sous l'effet de l'azote du sol consiste une seconde étape, ou deux points essentiels sont abordés ; la capacité d'absorption et l'efficacité d'utilisation de l'azote.

### 1.2-Les céréales

#### 1.2.1- Historique

L'histoire humaine montre que les céréales ont joué un rôle de premier plan dans le développement des sociétés. De nos jours le blé, le riz et le maïs fournissent plus de 75% des grains produits par l'homme [1]. Entant que sources énergétique et protéique, les céréales sont la principale source de nourriture de l'homme. De plus elles contribuent indirectement via l'alimentation du bétail, à la production d'aliments protéiques puisqu'elles sont à la base de la production de la viande, des œufs et des produits laitiers.

Les premiers récoltes de céréales datent d'un peu moins de 7000 ans avant J.C en moyen Orient .C'était l'en grain (*Triticum boeoticum*) et l'amidonnier (*Triticum dicoccoides*) faisaient l'objet des cueillettes. A ces formes sauvages, au rachis cassant à maturité, se sont progressivement substituées des formes au rachis solides permettant une récolte de la plante sans perte de grains [2].

### **1.2.2- Les céréales dans le monde et en Algérie (Blé dur)**

La production mondiale de céréales est estimée à 2 milliards de tonnes en augmentation d'environ 800 millions de tonnes par rapport à 1970 ce qui correspond à une croissance d'environ 1.7 % par an, ordre de grandeur comparable à celui de la croissance démographique mondiale .Le maïs (605 millions de tonnes), le blé (600 millions de tonnes) et le riz (600 millions de tonnes) viennent très largement en tête, représentant à eux trois 90 % de ce total .La superficie mondiale consacrée aux céréales se situe autour de 700 millions d'hectare soit la moitié environ des superficies des terres consacrées aux cultures. Le blé est avec 220 millions d'hectare, la céréale la plus cultivée au monde [3].

En Algérie les céréales représentent une part importante des terres cultivées (70%) dont le blé dur occupe la première place. La culture de blé dur a connu de très fortes variations allant jusqu'à une stagnation de la production due essentiellement aux conditions agro-climatiques défavorables (irrégularité de la pluviométrie, sécheresse en fin de cycle), la diminution des superficies céréalières liée à la diminution des terres arables et l'utilisation des variétés à spectre de production moyen à faible [4].

L'Algérie, avec la Tunisie, le Maroc et la Libye forment le plus grand marché de blé dur au monde. Selon le conseil international des céréales (CIC), la production en Algérie demeurera sous la normale, bien qu'une nette augmentation sera enregistrée en raison d'une amélioration des conditions de croissance [5].

### **1.2.3- Classification et origine génétique**

#### **1.2.3.1- Classification**

Les principales céréales sont toutes des Phanérogames appartenant aux sous embranchement des Angiospermes. La plupart sont monocotylédones, de l'ordre des Glumiflores et de la grande famille des Graminées. Le Sarazin est la seule céréale dicotylédone de la famille des Polygonacées [6].

La famille des Graminées regroupe 10,000 espèces pour 750 genres cosmopolites avec des caractères à savoir : inflorescences sous forme d'épillets, un chaume, un scutellum et un grain riche en hydrate de carbone [7].

Selon la classification de MACKAY (1966), les blés cultivés appartiennent à quatre espèces du genre Triticum qui se répartissent en trois groupes distincts selon leur nombre de chromosomes : - Le groupe diploïdes ( $2n = 14$  chromosome) Triticum monococcum (Engrain) au foyer Syrien et nord Palestinien.

-Le groupe tétraploïde ( $2n = 28$  chromosome) Triticum dicoccum (Amidonier) dans lequel se trouve le Triticum durum au foyer abyssinien et l'Afrique du nord qui serait son centre de diversification.

-Le groupe hexaploïde ( $2n = 42$  chromosome) Triticum sativum auquel appartient Triticum aestivum (blé tendre) et le foyer Afghanoindien serait le centre des blés hexaploïdes [8].

### 1.2.3.2- Origine des blés

AURIAU et al (1992), ont montré que les blés formaient une série polyploïde, ensuite par la méthode de l'analyse génomique, il a été clairement démontré que l'allopolyploidie a eu un rôle essentiel dans l'apparition du blé dur et du blé tendre. Suite à une succession de croisements et de doublements chromosomiques, les formules génomiques attribuées ont été : Triticum monococcum :  $2n = AA$

Triticum durum:  $4n = AB/AB$

Triticum aestivum:  $6n = ABD/ABD$

Tous les blés ont eu en commun le génome A issu de Triticum monococcum, le donneur du génome B demeure incertain et sujet à controverse [8].

Néanmoins, six espèces diploïdes différentes d'Aegilops de la section Speltoïdes ont été proposées comme source possible du génome B. En effet le génome B provient d'un autotétraploïde issu de Triticum urartum.

Selon BONJEAN (2003), il n'existait pas d'ancêtres sauvages des blés hexaploïdes et que les hexaploïdes cultivés résultaient d'hybridation spontanée entre les blés tétraploïdes cultivés et espèces sauvages diploïdes. De plus, le Triticum aestivum résulte de l'hybridation entre le blé tétraploïde cultivé et la graminée sauvage Aegilops tauschii.

La sélection généalogique qui fut appliquée en 1903 en Algérie a permis l'obtention de plusieurs variétés à partir des populations locales. Après

l'indépendance, les travaux sur la recherche variétale ont connu plusieurs étapes selon les objectifs tracés ; la première fut débutée vers les années soixante en maintenant les collections existantes tout en effectuant des tests sur les différentes variétés ; la deuxième période (années 70) a porté sur l'amélioration génétique proprement dite et ce n'était qu'une sélection massale parmi les variétés locales considérées comme populations locales .Par la suite l'amélioration du blé dur avait pour objectif la création de génotype à large spectre d'adaptation dans le but de répondre à la diversité écologique de nos régions.

Des croisements ont été effectués à la station de ITGC de Sétif et El Khroub entre des variétés locales et certaines variétés introduites considérées comme cultivars à haut rendement, ces croisements subissent une sélection dès la F2. C'est ainsi qu'en 1991-1992 un certain nombre de croisements (111 au total) ont été réalisés à la station d'El Khroub, et 16 à Guelma. Les variétés locales ou introduites étaient utilisées dans ces croisements comme des géniteurs males. Parmi les parents femelles figurent Guemgoum Ekhem, Hedba3, Oued Zenati, Sahel et Waha. Les objectifs recherchés dans ces croisements sont le rendement, la stabilité, la précocité, la résistance à la verse et aux maladies, la tolérance au froid et à la sécheresse ainsi que la qualité technologique [7].

#### **1.2.4- Caractéristiques botaniques et écophysiologicalues**

##### **1.2.4.1- Caractéristiques botaniques**

S'agissant de l'appareil végétatif, c'est un ensemble d'unités biologiques ; les talles. Chaque talle est formée d'une tige feuillée ou chaume portant à son extrémité une inflorescence. Les ramifications partent toutes d'une même zone, court nouée et située à la base de la tige ; le plateau de tallage. La première talle apparue est appelée brin-maitre. La tige est formée d'entre-nœuds, séparés par des zones méristématiques à partir des quelles s'allongent les entre-nœuds et se différencient les feuilles. Chaque feuille comprend deux parties : une partie inférieure enveloppant l'entre-nœud correspondant (la gaine) et une partie supérieure (le limbe), à la jonction du limbe et de la gaine, on peut trouver une petite membrane non vasculaire, plus ou moins longue et dentelée, la ligule.

Le système racinaire est composé de deux systèmes racinaires successifs : Le système de racines séminales, fonctionnel de la levée au début du tallage ; le système de racines secondaires ou de tallage (coronales), apparaissant au moment où la plante émet ses talles, il se substitue au précédent, il est de type fasciculé [3].

L'appareil reproducteur chez les céréales est une inflorescence ; l'épi, l'axe de l'épi porte des épillets disposés alternativement l'un de l'autre, chaque épillet comporte plusieurs fleurs enveloppées de leurs deux glumelles (inférieure et supérieure) et protégées dans deux bractées ou glumes [9].

#### **1.2.4.2-Croissance et développement**

Le cycle de développement d'une céréale à paille comprend trois grandes périodes :

- La période végétative, de la germination aux premières manifestations de l'allongement de la tige principale (début de la montaison) ;
- La période reproductrice, du tallage herbacé à la fécondation ;
- La période de maturation, de la fécondation à la maturité complète du grain. Durant son cycle, la plante passe par un certain nombre de stades appelés stades de développement :

**Stade semis- levée** : La germination se traduit par la sortie des racines séminales et par la croissance d'une pré feuille, le coléoptile puis l'apparition de la première feuille qui sera fonctionnelle peu après ce dernier.

**Stade levée- début tallage** : La première feuille s'allonge, une deuxième apparaît, une troisième puis une quatrième. Elles partent toutes d'une zone constituée par l'empilement des entre-nœuds : le plateau de tallage. Ce plateau est constitué de 4 à 5 nœuds, il est relié au grain par une petite tigelle ou rhizome, constitué de 2 entre-nœuds [3].

**Stade tallage** : phase pendant laquelle la tige reste court nouée ; il y a émission et croissance de talles ; la première talle apparaît généralement à l'aisselle de la première feuille quand la plante est au stade trois feuille, par la suite apparaissent les talles de la 2<sup>ème</sup>, la 3<sup>ème</sup>, et la 4<sup>ème</sup> feuille, ces talles sont dites talles primaires. Chaque talle primaire émet des talles secondaires

susceptibles d'émettre des talles tertiaires. Le nombre de talles émises par plante caractérisera le tallage herbacé. Celui-ci sera fonction :

- de l'espèce ;
- de la variété utilisée ;
- du climat ;
- de l'alimentation de la plante en facteurs de croissance.

**Stade montaison** : pendant lequel les entre-nœuds d'un certain nombre de tiges, maîtres- brins et talles, s'allongent rapidement. La montée se termine par l'apparition de l'épi qui sort de la gaine de la dernière feuille, c'est l'épiaison, on assiste alors au gonflement qui correspond au développement de l'épi et à l'autofécondation. Pendant cette période la plante a besoin de beaucoup d'eau et d'azote qui doit être apporté pendant le tallage. Toute carence en azote se manifeste par un avortement d'épillets à la base et un avortement des fleurs.

**Stade floraison** : il débute avec l'apparition des étamines en dehors des glumelles, le cycle s'achève par la maturation qui dure en moyenne 45 jours.

**Stade maturité** : Après la fécondation le volume du grain commence à augmenter. Durant cette période il y a migration des réserves depuis les parties vertes jusqu'aux grains. Au cours de cette évolution, on observe trois stades principaux :

- Un accroissement du poids d'eau et de matière sèche dans le grain, et ce dernier prend sa forme définitive : c'est le **stade laiteux** ;
- Le poids d'eau dans le grain demeure constant : c'est le palier hydrique, la teneur en eau est alors de l'ordre de 40% du poids frais, ces enveloppes se durcissent ; c'est le **stade pâteux**, il marque la fin de la migration des réserves ;
- Une diminution rapide du poids d'eau se produit. Le grain devient demi-dur, puis dur et cassant à sur maturité : c'est le stade propice au battage. Sous nos climats, toutes les céréales à paille peuvent être récoltées à ce stade [9].

### **1.3- L'azote et le rendement**

#### **1.3.1- Le rendement**

La production d'un peuplement cultivé se résume à l'interception, la transformation et le stockage d'éléments nutritifs et d'énergie fournis par le milieu qui sont eux même les facteurs de croissance, ils entrent dans la constitution des plantes. Les caractéristiques du milieu permettant l'assimilation des facteurs de croissance et l'orientation des phénomènes biologiques constituent les conditions de croissance (la température, l'hivernalisation, la mise à fleurs, l'enracinement...). Les modalités d'action des facteurs et des conditions de croissance sont différentes ; le rendement augmente progressivement avec l'accroissement d'un facteur. Par contre les conditions agissent comme des seuils [10].

Entre les constituants d'un peuplement cultivé, une concurrence s'exerce vis à vis des différents facteurs de croissance, notamment à l'égard de la lumière, de l'eau, de l'énergie et des éléments nutritifs où le niveau optimum n'est pas le même dans l'ensemble du peuplement ; de ce fait la production maximale ne correspond pas à la somme de ceux des plantes prises isolément [11]. Le peuplement forme un ensemble et la pratique agricole consiste à optimiser chaque facteur et chaque condition de manière raisonnable sans créer de concurrence excessive [10] et [12].

Pour raisonner les interventions, le rendement est décomposé en composantes principales. Il est le résultat de l'interaction de ces dernières et de nombreux effets physiologiques qui se forment successivement ou simultanément durant le cycle végétatif entre lesquels des phénomènes de compensation interviennent (figure 1.1). Dans certaines limites les composantes du rendement entrent en concurrence entre elles, ce qui peut affecter le rendement [13] et [14]. VILAIN (1987), considère que l'analyse des facteurs et des conditions qui les déterminent permet de mettre en évidence les interventions possibles, d'en examiner les conséquences et de hiérarchiser les actions. La détermination du comportement des géotypes de blé dur dans les conditions de stress abiotique et de grande variabilité environnementale qui caractérise la région méditerranéenne, exige des études approfondies et multisites concernant la tolérance à l'égard de ces facteurs [15]. L'analyse de la formation du rendement d'un blé se fait par

l'étude des composantes de rendement les plus souvent : Nombre d'épis /m<sup>2</sup>, nombre de grains par épi et le poids de mille grains [16].

### Le rendement

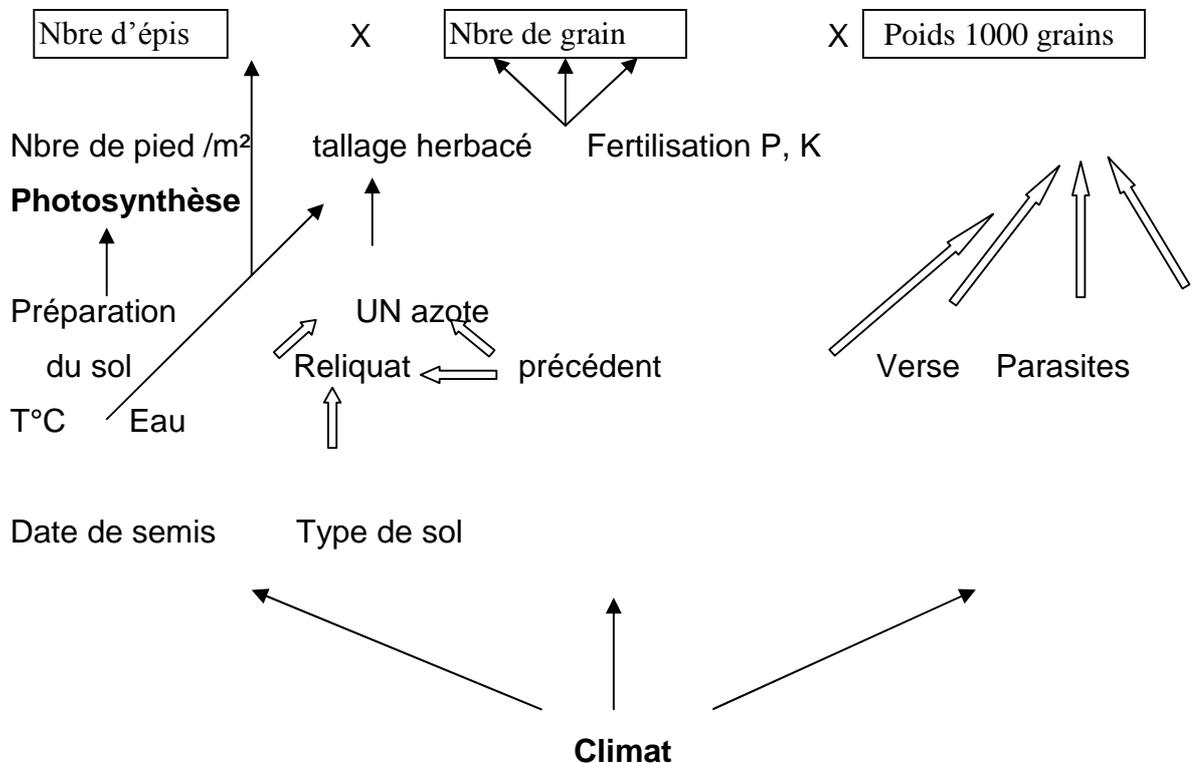


Figure1. 1 : Action des facteurs et des conditions de production sur les composantes de rendement du blé.

#### 1.3.1.1- L'aspect génétique du rendement

Le rendement est un caractère polygénique très variable selon les conditions éco climatiques et techniques [17]. L'expression de ce caractère résulte du fonctionnement d'un peuplement qui est en concurrence pour l'utilisation des ressources du milieu pendant la durée du cycle végétatif [18].

PFEIFFER et REYNOLDS (2002), ont montré que l'augmentation de la production a pour origine : - Le gain génétique dans le potentiel du rendement en grains ;

- La progression génétique dans la tolérance de stress biotique et abiotique ;

- Le gain des techniques de production et le gain de la technologie lié à l'optimalisation de différents facteurs d'environnement.

- La synergie entre ces différents facteurs cités ci-dessus.

L'écophysiologie peut nous aider à identifier les caractères ou l'ensemble de caractères qui maximisent le rendement et sa stabilité dans les conditions de stress ou de non stress. Bien que la biologie moléculaires fournissent les outils de développement des nouvelles combinaisons de caractères, l'écophysiologie est peut être le champs le plus adapté pour déterminer le coût, les avantages, et les conséquences des changements de ces caractères [19]. Toutes les variétés de blé doivent égaler ou dépasser les normes établies de qualité, de comportement agronomique et de résistance aux maladies pour être considéré comme des variétés améliorer et enregistrées [20].

### **1.3.1.2- Les caractères morphologiques liés au rendement**

ROYO et al (2003), ont montré suite à une étude sur le choix des caractères morphologiques utilisés dans les programmes d'amélioration pour l'augmentation du rendement chez le blé dur en conditions méditerranéennes que les seuls caractères qui ont été rapportés pour être importants sous les conditions de sécheresse sont : le temps de floraison, la présence de barbelures, la pubescence de feuilles, et l'étendue et la profondeur d'enracinement.

Pour le même auteur, la détermination des caractères à sélectionner nécessite des connaissances sur les causes qui expliquent le manque de résultats probants dans le passé, liées aux difficultés dans l'identification des caractères et l'incertitude dans leurs application

Qui sont :

- Le manque d'un vrai effet causal du caractère sur le rendement ;
- Le nombre limité de génotypes utilisés dans les études physiologiques ce qui gêne la validation des résultats obtenus ;
- Un manque de définition de linkage entre les résultats des études physiologiques et les méthodes d'hybridation ;
- Le manque de méthodes appropriées pour évaluer les caractères d'une façon courante et rapide ;
- Le manque de variabilité génétique pour le caractère et la connaissance de sa transmission ;

- L'absence des études de validation en utilisant de larges milieux génétiques et mesurant l'avance génétique dans la ségrégation des populations après la sélection.

En effet la plante présente un certain nombre de caractères morphologiques qui ont des incidences sur le rendement en grain ou sur la qualité du grain, parmi lesquels ;

**La biomasse** : C'est le paramètre le plus intégrateur de la plante ; chez le blé dur, le rendement en grain a été attribué aux augmentations de l'index de moisson avec seulement de légère augmentation de biomasse. Cependant une augmentation dans la biomasse de 30% a été marquée chez le blé dur dans des conditions de croissance optimales avec une corrélation positive entre l'accroissement du rendement en grain et la biomasse. Une relation était clairement observée entre la biomasse de jeunes plants de deux feuilles de blé dur et le rendement en grain. De plus la précocité a un effet sur le potentiel du rendement d'où une réduction de l'évaporation de la surface du sol due à une plus grande couverture du sol, sur l'augmentation d'interception des radiations et sur la transpiration ce qu'est très important pour un environnement méditerranéen [21].

**Les feuilles** : la synthèse des hydrates de carbone se fait au moment même de la formation du grain, ce dernier va recevoir la presque totalité de ces produits photosynthétiques à partir des dernières feuilles, le col de l'épi, et de l'épi lui-même [22].

Traditionnellement, lorsque la photosynthèse des céréales est étudiée, l'importance est attribuée aux feuilles, négligeant ainsi le rôle d'autres organes comme l'épi. Dans les conditions de stress hydrique, la photosynthèse de l'épi diminue moins que celle de la feuille étendard, avec une meilleure corrélation entre le rendement en grain et l'épi, mais lorsque le stress s'accroît, cette corrélation diminue en faveur de la feuille étendard, en assistant à un changement progressif de la limitation du rendement des organes « puit » aux organes « source » [23]. L'indice foliaire de 8 à 10 favorise l'obtention des meilleurs rendements en grains chez le blé mais sans avoir des versées du couvert végétal [24].

La feuille et la biomasse ont été prévues pour avoir comme conséquence un plus grand rendement en grain et de biomasse dans les environnements où les pluies sont fréquentes juste après le semis [19].

Il se trouve qu'il y'a une corrélation positive entre la surface du limbe, le rendement en grains par plante et le poids de mille grains. Une autre corrélation a été signalée entre la dernière feuille, le rendement et le poids sec de la graine. Selon GALLAIS et BANNEROT (1992), il existe une corrélation entre les feuilles et le nombre des épillets et pour un semis d'octobre leur nombre peut varier de 12-13 à 21-22 selon les variétés.

Les valeurs d'indice foliaire sont toujours non limitantes. Une relation positive existe entre la durée du fonctionnement du système foliaire et le rendement en grain. De par sa position et son âge, la dernière feuille joue un rôle primordial dans le remplissage plus de 50% pour une majorité d'auteurs [25].

**Dernier entre nœud (col de l'épi)** : Le dernier entre nœud est important du fait qu'elle éloigne l'épi du feuillage limitant les risques d'infestation. Il est associé positivement au rendement de l'épi, dont il jouerait le rôle d'un organe de translocation des assimilés vers l'épi, ce qui donne une corrélation positive entre la longueur du col de l'épi et le rendement [26]. En effet, HAFSI et al (2001), ont montré que le rendement dépend des effets plus au moins marqués du stress sur le fonctionnement des organes photosynthétiques (la feuille étendard, le col de l'épi et l'épi) et sur la remobilisation des réserves principalement stockées dans le col de l'épi et l'avant dernier entre-nœud.

**Hauteur de la paille** : Des coefficients de corrélation négatifs sont obtenus entre le rendement en grains et la taille des plantes (-0.92) et entre le rendement biologique et la taille des plantes (-0.77) [27]. De même les plus grands rendements ont été associés à des plantes courtes chez le blé dur [19].

La hauteur de la plante et les composantes de rendement ainsi que la précocité présentent des corrélations hautement significatives ; ROYO et al (2003), ont suggéré l'établissement rapide de jeune plante et la croissance précoce en tant que caractères utiles pour l'amélioration du rendement dans les conditions méditerranéennes.

Des différences de fertilité ont été soulignées entre variétés locales et variétés porteuses de gènes de nanisme Rht1 et Rht2, la supériorité pour cette composante de ces génotypes serait due à une moindre mortalité des fleurs surtout dans la partie basale de l'épi [28]. Cependant une baisse de la taille des plantes risque d'entraîner une réduction des autres organes de la plante (épis, graines) et peut même avoir des conséquences quant à la sensibilité aux maladies ainsi que la qualité technologique par des effets de corrélations négatives [29].

### **1.3.1.3- Les composantes du rendement**

Le cycle de la culture est constitué d'étapes dont le fonctionnement est sanctionné par la formation de nouveaux organes, pouvant s'interpréter chacun comme un niveau de ramification du précédent organe. On a ainsi :

- Le nombre d'épi / pied ; premier niveau de ramification ;
- Le nombre de grains / épi, deuxième niveau de ramification ;
- Le poids de mille grains.

Les deux premiers aboutissent à un nombre de grains au mètre carré (NG/m<sup>2</sup>) qui définit la fertilité globale du peuplement. Durant la phase levée-floraison, sont mis en place les capteurs d'énergie lumineuse et les organes de stockages (NG/ m<sup>2</sup>). La période floraison -maturité correspond à l'accumulation des hydrates de carbone et de l'azote dans le grain [26]. Pour le blé, on adopte la décomposition suivante : Rendement (g/m<sup>2</sup>)= Nombre d'épis/m<sup>2</sup> X Nombre de grains/épis X Poids de 1000 grains [10].

JONARD et al/ cité par BENBELKACEM et KELLOU (2000), ont conclu que la modification d'un facteur du rendement, sans variation compensatrice des autres doit provoquer un changement de rendement. En réalité et en situation normale, il y a compensation entre les différents éléments du rendement.

LE GOUIS et al (2000), ont montré que la décomposition de rendement selon ces composantes est opérationnelle pour plusieurs raisons :

-chaque composante s'élabore pendant des phases bien définies relativement disjointes entre composantes, faciles à dater par rapport à des stades phénologiques.

-chaque composante enregistrée mémorise en quelque sorte un événement (facteur limitant) que le peuplement végétale a vécu pendant sa phase d'élaboration.

**Le nombre d'épis / m<sup>2</sup>** : la première composante a considéré est le nombre d'épis /m<sup>2</sup> [32]. Dans le cas des semis précoces le coefficient de corrélation entre le rendement en grain et le nombre d'épis/m<sup>2</sup> est de 0,39. L'accroissement du nombre d'épis n'entraîne pas toujours une augmentation du rendement à cause de la compétition induite par le nombre de grains par épi [7]. L'apparition d'un déficit hydrique au début de la montaison peut réduire d'environ 10 à 25% le nombre d'épis, ce qui peut être compensé par des composantes ultérieures. Cette compensation dépend du parcours d'élaboration du rendement et des processus physiologiques liés au génotype [33].

**Le nombre de grains par épi**: Le nombre de grains/m<sup>2</sup> est un caractère étroitement lié avec le rendement en grain, sous différents lieux et pour différents génotypes [30]. Dans le temps l'augmentation de la biomasse a été obtenue par la manipulation du nombre d'épis / m<sup>2</sup>, mais plutard la manipulation s'est focalisée sur le nombre de grains / épi. L'accroissement simultané du nombre d'épis / m<sup>2</sup> et du nombre de grains / épi produit une nette augmentation dans le nombre de grains / m<sup>2</sup> et la biomasse [11].

Le nombre de grains potentiel est étroitement corrélé à la matière sèche végétative élaborée à la floraison. Si le nombre de grains/m<sup>2</sup> est inférieur au potentiel, il peut être limité par les phénomènes perturbants la fertilité de l'épi [18]. Le nombre de grains /m<sup>2</sup> peut varier de 15000 à 25000 en fonction des variétés et des situations culturales. OURRY et al (1995) estiment qu'à partir de 20000, le nombre de grains/m<sup>2</sup> ne serait plus un facteur limitant de la productivité. Pour une variété donnée le nombre de grains/m<sup>2</sup> est corrélé négativement au poids de mille grains au moins au-delà d'un nombre voisin de 15000, ce qui indique une compétition entre les grains produits photosynthétiques. BOUZERZOUR et MONNEVEUX (1992), ont constaté que le rendement en grain et le nombre de grains par épi présentent des coefficients de corrélation positifs.

**Le poids de mille grains** : Le PMG est généralement peu maîtrisable, car il est fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage du grain. Un manque d'eau après la floraison combiné aux températures élevées entraîne une diminution du PMG par altération de la vitesse et/ou de la durée de remplissage ce qui se traduit par l'échaudage des grains [12].

Selon PFEIFFER et REYNOLDS (2002), il existe une corrélation négative entre le poids de mille grains et le nombre de grains/m<sup>2</sup> ; de ce fait la diminution du poids de grains est compensée à chaque fois par l'augmentation de nombre de grains.

Un coefficient de corrélation de 0.08 à 0.80 est enregistré entre le rendement et le poids de mille grains dans les conditions des hauts plateaux [35].

### **1.3.2- L'effet de l'azote sur le rendement**

#### **1.3.2. 1- L'azote dans le sol et le végétal**

L'azote est un constituant essentiel des plantes, il est donc indispensable au développement et à la croissance de celles-ci.

Les sols cultivés possèdent un stock d'azote organique plus ou moins important de 3000 à 6000 kg /ha, qui se minéralise pour donner de l'azote ammoniacal puis des nitrates assimilables par les plantes.

Les apports d'azote au système sol-plante proviennent de plusieurs sources à savoir :

- La fixation symbiotique de l'azote de l'air réalisée par des bactéries fixatrices situées au niveau des nodosités des racines des légumineuses.
- Les apports d'engrais minéraux obtenus par synthèse à partir de l'azote de l'air, cette synthèse nécessite beaucoup d'énergie.
- Les apports d'engrais de fermes (fumiers, lisiers....etc) contenant une part plus au moins importante d'azote organique, le reste étant sous forme ammoniacale [36].

Selon LACROIX (2000), l'azote du sol ne représente qu'une petite fraction (en ppm) de l'azote total présent dans l'ensemble de la biosphère, il se présente sous forme minérale et organique. L'azote minéral est représenté principalement

par les deux formes ioniques : -les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) et l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Il s'agit de formes présentées à l'état de sels, c'est-à-dire associées à d'autres ions tel que le  $\text{K}^+$ , le  $\text{Ca}^{2+}$ , le  $\text{Na}^+$ , le  $\text{NH}_4^+$  pour les nitrates ; le  $\text{Cl}^-$ , le  $\text{SO}_4^{2-}$ , le  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  le  $\text{NO}_3^-$  pour l'ammonium, les caractères anioniques de l'ion nitrate et cationique de l'autre  $\text{NH}_4^+$  expliquent les différences de comportement à l'égard des structures du sol en terme de mobilité en solution. Les formes minérales présentées dans le sol sont issues pour partie de la dégradation de la matière organique d'origine animale ou végétale par action de la microflore du sol. Le reste vient des engrais apportés aux cultures.



Il existe une très forte corrélation entre le taux de la matière organique d'un sol et sa teneur en azote total. De manière assez large, on peut considérer que l'on retrouve en moyenne entre 60 et 70 kg par tonne d'humus, ceci signifie qu'un sol contenant 2 % de matière sèche possède une réserve d'environ 5.2 tonne d'azote et qu'une évolution de 0.1 % de matière organique en plus ou en moins fait intervenir entre 240 et 280 kg d'azote des quantités non négligeables à l'égard des besoins des cultures. C'est en fait le cycle du carbone qui pilote la dynamique de minéralisation de l'azote [37].

Les réserves totales d'azote sont importantes et dépassent des dizaines et des centaines de fois leur exportation par la récolte d'une culture, ainsi, la teneur du sol en azote varie selon sa texture dont elle oscille de 0.05 à 0.13 % pour le sol argilo limoneux dans la couche arable, et selon sa richesse en humus qu'il contient, ou les sols riche en humus contiennent au total jusqu'à 0.4-0.5 %, tandis que les sols peu humifiés n'en renferment que 0.05-0.15% [38].

En outre, MOREL (1996), a estimé la quantité d'azote dans la partie solide du sol à 0.03-0.25 %, cette valeur reste toutefois, loin d'être disponible pour la plante et elle ne peut être exploiter que par un ensemble de processus susceptibles de conduire l'élément chimique concerné à la surface radulaire par l'intermédiaire de la phase liquide du sol.

D'après LASNIER (1963) et MOREL (1996), la libération de l'azote dans le sol dépend du rapport C/N (taux du carbone sur le taux d'azote) qui dépend à son tour du PH du sol.

- C/N de 10 à 15 dénote une aptitude à une minéralisation assez rapide de la matière organique.
- C/N de 15 à 20 dénote une aptitude moyenne à la minéralisation.
- C/N supérieur à 20 dénote une faible aptitude à la minéralisation.

Dans le végétal, l'azote se trouve sous forme organique et en quantité variable selon l'espèce, voir la variété, la conduite culturale, et sous forme minérale à l'état de nitrate. Les formes organiques sont représentées principalement par les acides aminés, les protéines, les bases puriques ou pyrimidiques associées aux structures nucléiques du matériel génétique, et les composés pigmentaires comme la chlorophylle [39].

L'azote organique peut représenter 0.25 à 75% de la matière sèche suivant les organes et leur importance métabolique. En leur sein ces formes sont soumises à des synthèses et à des dégradations qui contribuent à leur renouvellement continu et conduisent à considérer chaque organisme ou population d'organisme comme un lieu d'échanges contrôlés entre un milieu interne, organisé et finalisé et un environnement externe hétérogène et fluctuant [40]. De plus le prélèvement sur l'environnement des ressources nécessaires à la croissance et au développement, constitue la nutrition. Quelque soit le niveau de complexité d'un organisme, l'enjeu principal de la nutrition reste toujours, pour celui-ci, d'adapter ses besoins aux ressources disponibles que l'on peut ajuster par la fertilisation si nécessaire, afin d'assurer une croissance optimale. Dans le cas de la nutrition azotée, il s'agit d'entretenir un flux azoté sous forme minérale. L'azote organique du sol doit donc être absorbé au niveau racinaire. La plante assure ensuite la transformation inverse pour se construire : azote minéral azote organique [40].

Un environnement naturel, c'est avant tout le climat au travers de la température et de l'humidité qui régit la minéralisation et par conséquent la qualité des éléments minéraux entre autres l'azote mis à la disposition des plantes. C'est ici la température qui est le principal facteur avec une véritable fonction exponentielle (facteur de 0.1 à 3.2 c'est-à-dire que la minéralisation augmente beaucoup plus vite que la température). L'humidité est le second élément qui régit la minéralisation. Ce facteur possède une fonction beaucoup plus linéaire entre le

point de flétrissement et la capacité aux champs (la minéralisation augmente à la même vitesse que l'humidité). Au cours d'une année, la fourniture d'azote par le sol progresse lentement pour atteindre un maximum (plus d'1kg/ha/jour) en juin, pour ensuite régresser pendant l'été ou c'est l'humidité qui joue le facteur limitant, ensuite elle replit en automne avec l'arrivée des premières pluies sur un sol chaud pour enfin régresser voir se stopper en hivers. A cette époque c'est la température qui devient le facteur limitant [37].

### **1.3.2.2 - La fertilisation azotée**

La fertilisation azotée des cultures annuelles est probablement une des techniques les plus difficiles à maîtriser. En effet, le nombre de paramètres à prendre en compte et l'estimation même de ces paramètres rendent toute prévision des besoins en fertilisation azotée extrêmement complexe [36]. ICHIR et al (2003), ont suggéré pour la quantification des engrais azotés de développer les pratiques de gestion qui maximisent l'usage efficace de l'azote, sachant que la perte de l'azote au sein du système plante-sol est due à la dénitrification et non pas à l'infiltration, selon les mêmes auteurs.

De ce fait, un diagnostic des périodes de déficiences en azote durant le cycle de la culture et l'utilisation des variétés qui absorbent et valorisent mieux l'azote demeure inéluctable [41]. Pour des rendements dépassant 70 qx /ha, la plante doit absorber entre 200 à 400 kg d'azote par hectare. L'apport de ces quantités varie suivant les stades de développement à savoir :

**Phase levée –début montaison** : L'action de l'azote détermine l'importance du tallage, donc le nombre potentiel d'épis, les besoins sont de 40 kg absorbé en deux mois soit 0.5 kg / jour [42]. À la levée, l'absorption de l'azote étant ralentie et le sol contient suffisamment d'azote pour subvenir aux besoins de la plante, il n'est donc utile d'apporter l'azote pendant cette période. Cependant un manque d'azote durant la période de tallage entraîne une diminution de celui-ci et une réduction de la croissance des tiges et des feuilles.

**Phase début montaison-floraison** : A partir du stade épi 1 cm la croissance des tiges est rapide et la production de matière sèche est intense, les besoins azotés pour édifier la structure des tissus et l'allongement de la tige deviennent donc importants ; c'est ainsi que le blé absorbe les  $\frac{3}{4}$  de ses besoins [43].

Un manque d'azote à la montaison entraîne une baisse de la fécondité (diminution du nombre de grains par épi). L'absorption arrive à son maximum pendant la méiose-floraison. [13].

GATE et GIBAN (2003), ont montré que le meilleur apport d'engrais azoté est basé sur le bilan prévisionnel, en respectant les besoins de la plante selon ces stades de développement ;

-1<sup>er</sup> apport d'azote au début de tallage, assurant ainsi la croissance et la survie des talles émises.

-2<sup>eme</sup> apport au stade épi 1 cm, il correspond à la dose la plus importante épandue sur blé. Il permet de satisfaire l'accroissement sensible de l'absorption postérieure.

-3<sup>eme</sup> apport à la sortie de la dernière feuille, il est le meilleur compromis pour optimiser l'efficacité de conversion de l'azote absorbé en rendement et en protéines [44].

La dose d'azote à épandre peut varier d'une année à l'autre en fonction ;

- des conditions climatiques ;
- du type de sol ;
- du rendement désiré ;
- du précédent cultural ;
- de la date d'apport ;
- de la forme d'engrais.

Les besoins annuels d'une culture de blé sont de l'ordre de 100 kg /ha à 200 kg/ha et leur ajustement se fait sur la composition du sol en nitrate [23].

### **1.3.2. 3 L'assimilation azotée : Absorption, transport, réduction**

Pour les plantes cultivées le nitrate et l'ammonium dans une moindre mesure constituent les deux principales sources primaires d'azote disponibles à partir du sol. Dans la plante, le nitrate est réduit en nitrite puis en ammonium. Le

passage de l'azote nitrique à l'azote ammoniacal au niveau de la plante mobilise l'essentiel des besoins en énergie de l'azote et plus précisément ses réserves en ATP. L'azote ammoniacal ne peut être stocké et véhiculé dans la plante car toxique en l'état il est métabolisé immédiatement et exclusivement dans le transport de l'azote sous nutrition ammoniacal [40].

Dans la plante le nitrate est réduit en nitrite puis en ammonium par deux enzymes ; la nitrate réductase et la nitrite réductase. L'incorporation des ions ammonium dans les molécules organiques est catalysée par le couple enzymatique glutamique synthétase et glutamate synthétase. En présence d'ATP et de  $Mg^{+2}$ , la glutamine synthétase synthétise la glutamine à partir du glutamate et d'ammonium, la glutamate synthétase catalyse la formation de glutamate à partir d'un donneur d'électrons de glutamine et l' $\alpha$  cetoglutarate. Chez les plantes, cette réaction est la principale voie métabolique permettant l'incorporation de l'azote inorganique dans une molécule carbonée indépendamment de la source d'ammonium qui peut provenir soit de la réduction du nitrate soit de la photorépiration, soit de la dégradation des molécules azotées organiques ou encore de la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique [45].

En effet les feuilles sont les lieux privilégiés de la transformation des nitrates en azote organique chez les espèces annuelles cultivées, à l'opposé des espèces pérennes qui réduisent les nitrates dans les organes souterrains. La première réaction de la transformation des nitrates se déroule dans le cytoplasme tandis que les suivantes ont lieu dans les chloroplastes. La lumière et le niveau des nitrates augmentent l'activité du nitrate réductase donc la transformation des nitrates, le premier acide aminé formé est la glutamine [45].

RAVEN et SMITH cité par NIJHOFF (1981), ont montré que les céréales réduisent les nitrates dans la partie souterraine et aérienne, avec un taux de 40 % des nitrates absorbés pour les racines. Les variétés céréalières qui perdent la majorité du poids sec des feuilles durant la formation des grains assimilent le peu d'azote resté à cette période, cette variation au niveau des feuilles est la cause principale de la variation d'azote par plante [46]

### 1.3.2. 4- La répartition de l'azote assimilé selon les stades phénologiques

Il est souvent difficile d'estimer l'azote absorbé par un couvert végétal, la teneur entre plantes est variable et l'évolution de cette concentration varie dans le temps en fonction de développement végétatif [47]. De manière classique une jeune plante est toujours plus riche en azote avec des taux qui peuvent voisiner 4% de la biomasse totale, le taux peut rapidement descendre aux alentours de 2% au cours de la végétation, voir au dessous à partir du début de la maturité [10] et [37]. Une forte régression est signalée entre les niveaux de croissance et la teneur en azote [13].

**Tableau 1.1 : Teneur en azote total du blé à différents stades en (%) par rapport à la matière sèche**

Stades phénologiques	Teneur en azote (%)
Tallage	4
Montaison	1.5
Floraison	1.1
Maturation	1

La quantité d'azote contenu dans l'appareil végétatif du blé est de l'ordre de 12.9 g /m<sup>2</sup> au stade floraison et 15.5 g /m<sup>2</sup> dix jours après la floraison, cela est lié à l'augmentation plus importante de la matière sèche par le fait de l'augmentation de la photosynthèse. A maturité les quantités d'azote restantes dans l'appareil végétatif sont faibles de l'ordre de 4.3 g /m<sup>2</sup>. De même, la teneur en azote des graines est environ de 2.4 %de la matière sèche [29].

REGUEIG et al (2001) ont conclu suite à une étude sur la dynamique des éléments fertilisants (l'azote et le phosphore) chez une variété de blé dur qu'une augmentation de la teneur en azote de 0.068 % est observée au stade quatre feuilles suivie par une diminution de cette teneur au stade tallage jusqu'à maturation en raison du développement des grains et la maturation du blé. Ces résultats corroborent ceux trouvé par REMEY (1974).

### **1.3.2. 5- Efficacité de l'utilisation de l'azote**

L'accroissement des besoins en azote chez les céréales à pour conséquence la progression dans l'élévation en rendement et les protéines contenu dans les graines, BENZIANE et LANE (1979), ont trouvé après une série d'expériences qu'un apport abondant en azote augmente la quantité des protéines dans les grains avec une diminution de rendement quand l'azote est limité, une petite addition peut donner une augmentation du rendement avec une diminution de la concentration des protéines. LANGER et LIEW (1973), ont reporté que 37 % de la quantité des protéines contenues dans la variété du blé Arthur est parallèle avec l'augmentation du rendement. Par contre, chez la variété Blueboy l'augmentation dans les protéines est associée avec la réduction du rendement. Une corrélation négative entre les protéines des grains et le rendement est observé par EVANS et al (1976). Les différences de la composition en protéines entre les variétés du blé dans le même niveau que les apports en azote peuvent être de 14 % et le niveau d'azote peut changer le contenu en protéine de 5% [39]. Un haut niveau d'azote peut provoquer une augmentation du rendement et la concentration en protéines, mais souvent les hauts niveaux en azote, s'ils augmentent la concentration en protéines, peuvent diminuer le rendement.

Cette relation négative entre le contenu en protéines et le rendement dans les hauts niveaux d'azote est peut être attribuer au haut niveau de glucose perdu pour la synthèse des protéines que les carbohydrates.

Des travaux récents ont montré qu'il existe une teneur en azote minimale des parties aériennes d'une culture de blé permettant d'assurer une croissance maximale, cette teneur en azote critique varie au cours du cycle en fonction de la biomasse aérienne de la culture, conditions pédoclimatiques, variétés, stades de développement (jusqu'à la floraison) et la vitesse de croissance. De ce fait un critère fiable de caractérisation a été mis au point , l'indice de nutrition azotée, estimé comme le rapport entre la teneur en azote observée de cette culture et la teneur critique correspondant à la biomasse aérienne observée de la culture [41].

L'azote disponible pour la culture de blé provient en partie des apports d'engrais azotés et pour partie des fournitures du sol, la réponse de cette culture à la fertilisation azotée est complexe et dépend de nombreux facteurs, ce qui la rend extrêmement variable pour le rendement et la teneur en protéines.

\* Un déficit d'azote (où lorsque l'apport en azote est faible pour le rendement potentiel de la culture), une légère augmentation de la disponibilité de l'azote permet un accroissement important du rendement, dans ce cas la teneur en protéines des grains n'augmente pas, elle diminue même souvent, car l'augmentation en rendement en grain est plus importante que l'élévation de l'azote assimilé par la culture.

\* Dans les sols où l'apport en azote est adéquat sans être excessif, une amélioration de la disponibilité de l'azote produit une augmentation du rendement, variant de faibles à modéré avec des hausses considérables de la teneur en protéines des grains.

\* Dans les zones où l'apport en azote est suffisant, une augmentation relative du rendement en grain est plus petite ou égale à celle de l'assimilation d'azote par la culture.

\* Dans les sols où l'apport en azote est élevé, on constate une élévation de la teneur en protéines des grains à mesure que la quantité d'azote assimilable augmente, alors que le rendement ne réagit pas ou même diminue [48]. Il est à noter que le rendement ne dépend pas uniquement de la quantité d'azote prélevée par la plante. BELDJOURI et DAOUD (2001), ont déduit après une étude sur l'influence de la salinité sur l'assimilation azotée, que la variété locale Hedba absorbe beaucoup plus d'azote dans des conditions de salinité variant de 0 à 2 g allant de 1.035 % à 0.914 %, alors que la variété importée Vitron dans les mêmes conditions de salinité assimile de 0.737 % à 0.580 % d'azote.

L'analyse de la plante peut définir assez exactement les niveaux d'absorption des différenciations nutritives par le végétal, mais elle ne permet pas de préjuger de l'utilisation qu'en sera faite. Une fraction importante des ions absorbés pourrait rester dans le végétal pour des raisons nombreuses parmi lesquelles, il faut citer en premier lieu un mauvais équilibre entre les éléments majeurs étudiés qui ont été absorbés. Une importante fraction non métabolisée sera accumulée sous forme ionique, de ce fait l'analyse portant sur les fractions, renseigne imparfaitement sur les niveaux nutritionnels de l'azote [49].

### **a) Sur les feuilles**

Les dernières feuilles sont les plus importantes, car c'est grâce à leur activité photosynthétique et la migration de leurs réserves que sera assuré le grossissement du grain, leur développement (surface foliaire) est donc primordiale pour le rendement et la qualité des graines. Un apport d'azote à cette période (dernières feuilles) est le meilleur compromis pour optimiser l'efficacité de conversion de l'azote absorbé en rendement et en protéines [43]. En outre, la surface foliaire est le principal facteur de la formation de la biomasse et ça varie avec les populations et la qualité des besoins en nutrition [39].

LANGER et LIEW (1973), n'ont pas trouvé un effet d'azote sur le nombre des feuilles chez les céréales, mais le nombre des feuilles par plant peut augmenter les besoins en azote dû à l'augmentation du nombre des talles.

L'effet de l'azote pour augmenter la surface foliaire est plus grand que le rendement en grain et que l'augmentation de la surface foliaire contribue à l'augmentation du taux de la photosynthèse de 30% [50]. La capacité photosynthétique est fortement liée à la nutrition azotée, elle affecte la distribution des assimilés au niveau des organes aériens et au sein du système racinaire avec une ramification et croissance des racines secondaires [25]. La nutrition azotée a un effet sur la croissance des feuilles en affectant directement la division cellulaire, cet effet est généralement massif [51]. Selon JEUFFROY et al (2001), la surface foliaire des feuilles individuelles, semble corrélée à l'état azoté de la culture d'où une réduction de l'indice foliaire liée au déficit d'azote.

### **b) Sur la hauteur de la paille**

L'allongement de la tige est conditionné en partie par une bonne nutrition azotée, elle apporte une rigidité et vigueur au début de la montaison surtout dans les conditions climatiques défavorables (sécheresse ou longue période de pluie) ce qui peut engendrer une diminution du rendement [52]. Les apports azotés augmentent la hauteur de la paille d'où l'élongation de ses parties basales des entrenœuds et un bon développement des épillets de la base. Néanmoins, cette élongation provoque la verse, d'où l'avantage majeur de l'utilisation des variétés naines qui résistent à cette dernière [39].

### **c) Sur la formation des fleurs et des graines**

L'azote semble avoir un effet sur la différenciation des fleurs et la formation des grains ; un déficit d'absorption chez le blé peut réduire le nombre de grains formé de manière variable selon la date et l'intensité du déficit [53]. Pour le blé, le nombre de grains produit par individu est étroitement lié à la croissance de la matière sèche pendant toute ou une partie de la phase de formation des grains. L'effet limitant de l'azote sur le nombre de grains est uniquement la conséquence de la réduction de la croissance par l'azote [54].

### **d) Sur la composition des graines en protéines**

La teneur en protéine pour les céréales à pailles est une caractéristique essentielle, les variétés à très fort rendement ont généralement des teneurs en protéines faibles. Cette teneur dépend de la fertilisation azotée dont la teneur en protéines du grain est corrélée à la dose totale d'azote. Pour le blé dur, on recherche des teneurs supérieures à 14% [36]. Selon HELLER (1969), les protéines constituent la forme la plus constante en contenant de 15 à 17 % au total.

L'importance de la teneur en protéine est due à sa corrélation avec le mitadinage dont il est lié à une inadéquation entre les apports et les besoins de la plante d'où une différence variétale dans les capacités d'assimilation d'azote de la floraison. Il est a constaté qu'un apport tardif à la floraison permet d'améliorer la teneur en protéines et qu'un fractionnement en quatre apports est encore plus performant [26].

BLANCO (2002), a rapporter que la teneur en protéines des grains de blés, aussi bien pour les blés tendres pour la panification, que les blés durs pour les semoules, est actuellement un critère très important de sélection, et le prix d'achat des récoltes dépend de ce critère. C'est un caractère polygénique influencé par le milieu. L'identification variétale est basée sur l'analyse des protéines du caryopse [17].

En revanche, VIAUX (1999), a lié la teneur en protéines avec trois facteurs à savoir ; le climat, la variété et la fertilisation azotée. De ce fait le fractionnement en trois apports de la dose totale est indispensable pour la culture

de blé dur. SELLES et JAMES (2000), estiment que la teneur en protéines du grain du blé varie entre 8% et 20 %, la majeure partie de cette variabilité est causée par des facteurs environnementaux comme la disposition de l'azote et l'eau, la température et l'intensité lumineuse. Cependant, les facteurs génétiques jouent un rôle moins important dans la détermination de la teneur en protéines des grains ; la variation de la teneur en protéine des grains attribuée à la germination peut représenter jusqu'à 2 % de protéines, comparativement à 12 % rendu aux facteurs environnementaux.

#### **1.3.2.6- Remobilisation des réserves azotées**

Lorsque les facteurs internes et externes induisent une baisse de la disponibilité de l'absorption ou de l'assimilation d'azote, les plantes mettent en place des mécanismes de redistribution de l'azote absorbé et mobilisé au cours de la croissance et le développement. Chez les céréales la redistribution aura lieu lors du passage de la phase végétative à la phase reproductive. La redistribution est décomposée en trois étapes : -La mobilisation des réserves dans l'organe source (feuilles) ; -le transport sous forme soluble par voie xylémique ou phloémique ; -leur assimilation et leur stockage dans l'organe puits [54].

Ces remobilisations correspondent à une dégradation de l'équipement enzymatique de la plante, ce qui se traduit par un arrêt progressif du fonctionnement photosynthétique en liaison avec la sénescence de la feuille étendard du blé, dont il est observé que l'activité du nitrate reductase décroît, il se met en place un recyclage important de l'azote. Le remplissage du grain présente une meilleure corrélation avec la capacité de remobilisation de l'azote des parties végétatives [55].

L'essentiel de l'azote du grain, provient des remobilisations des réserves préexistantes (avant floraison), elles assurent chez le blé en effet 50 à 80 % de l'azote utilisé pour le remplissage des grains, la majorité des assimilats stockés dans le grain est issue de la photosynthèse post-floraison [28]. De part sa position et son âge, la dernière feuille joue un rôle primordial dans le remplissage plus de 50 % pour une majorité d'auteurs. L'autre partie des assimilats vient des remobilisations des réserves de la tige. De ce fait le flux d'azote vers le grain serait plus stable, car moins soumis aux facteurs limitants pendant la période

floraison-maturité comparé au flux de carbone (assimilation nette, post floraison). Le fait que la production d'assimilés carbonés cesse n'empêche pas la la remobilisation et/ou l'absorption de l'azote de se poursuivre [47] et [54].

DALLING (1985), a montré que la période d'accumulation de l'azote par les organes végétatifs est suivie d'une phase de remobilisation et d'une accumulation intense dans les graines. Les feuilles et les tiges constituent les deux sources primaires d'azote pour la croissance du grain. De plus les glumes sont les puits chez le blé au début de la croissance du grain, voir des sources à la fin de la croissance.

Les nitrates, les acides aminés et surtout les protéines solubles et insolubles sont les différentes sources de stockage d'azote dans la tige et les feuilles de céréales. Chez ces espèces, la quantité d'azote accumulée transitoirement est sous forme de peptides ou de protéines de réserves des organes végétatifs, alors que le stockage sous forme d'acides aminés ne paraît intervenir que transitoirement lorsque la demande de l'épi est insuffisante par rapport à la fourniture. Les principales formes de stockage d'azote dans les organes végétatifs sont le nitrate et la ribulose –biphosphate carboxylase, elle représente environ 50 % des protéines solubles de la feuille de blé [56].

## CHAPITRE 2

### MATERIAUX ET ESSAIS

#### 2.1. Introduction

Le chapitre présent consiste à décrire les différentes méthodes utilisées dans la caractérisation de différents génotypes de blé dur à considérer en terme d'absorption et d'utilisation de l'azote.

#### 2.2-Choix du matériel végétal

L'essai expérimental a porté sur six génotypes de blé dur (*Triticum durum*), dont deux locaux (Hedba 3 et Guemgoum Elkham) à paille haute, et quatre nains importés (Nefer, Acalou, Ardente et Excalabur). Le choix du matériel végétal est effectué sur la base des caractéristiques morphologiques différentes dues essentiellement :

A l'importance de leur biomasse sous stress, à la longueur du col de l'épi, et le nombre élevé de grains par épi [15] et leur aptitude à la soumellerie [57] et [58]. Cependant, le génotype Hedba accumule plus de proline dans son limbe lorsqu'il est soumis à l'action du déficit hydrique et il se caractérise par une récupération plus lente, alors que Guemgoum Elrkham se caractérise par l'absorption rapide de l'eau [59]. Les deux génotypes locaux sont issus par isolement à partir des populations locales depuis plusieurs décennies [60].

Les génotypes introduits sont connus par leurs bons rendements en années et conditions favorables. A l'opposé, en conditions défavorables, ils ont été le plus souvent dépassés par les locaux. L'une des difficultés rencontrées chez ces génotypes se trouve dans leur précocité, qui les soumet aux risques de gels printaniers. Ils présentent tout un ensemble de caractères morphologiques qui les rendent très distincts des locaux (talles plus courtes, meilleur tallage épis) [61].

Leurs semences proviennent de la station expérimentale de INRA de Montpellier (France).

### **2.3- Expérimentation**

Les essais sont réalisés à la station expérimentale de l'institut technique des grandes cultures (ITGC) de Khemis Miliana qui s'étend sur la plaine Est du périmètre irrigué du haut Cheliff, dans un dispositif en bloc aléatoire complet à deux facteurs (génotype, dose d'azote) et trois répétitions (3 blocs). Le bloc est subdivisé en quatre sous blocs subdivisés à leurs tours en six parcelles élémentaires. La parcelle élémentaire est de 3 m<sup>2</sup>.

### **2.4- Les conditions expérimentales**

#### **2.4.1-les conditions climatiques**

Le haut Cheliff est caractérisé par un climat semi aride de type méditerranéen, avec un hiver assez pluvieux et un été sec et chaud.

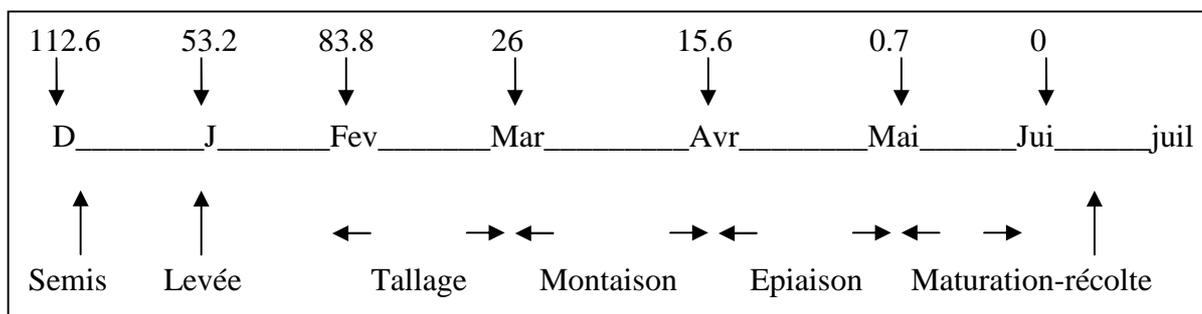
Les précipitations annuelles respectivement de 399 mm et 452 mm relevées durant les saisons (2004/2005) et (2005/2006) (tableau 2.1) dépassent la moyenne (394 mm) de la station pendant la période (1978-2002), elle restent cependant loin de satisfaire les besoins totaux de la culture estimés entre 450 et 600 mm [14].

Cette culture essentiellement pluviale est soumise à des régimes pluviométriques variables souvent faibles qui se traduisent par des contraintes hydriques fortes et erratiques en imposant une limite à l'expression des aptitudes génétiques des cultivars [33].

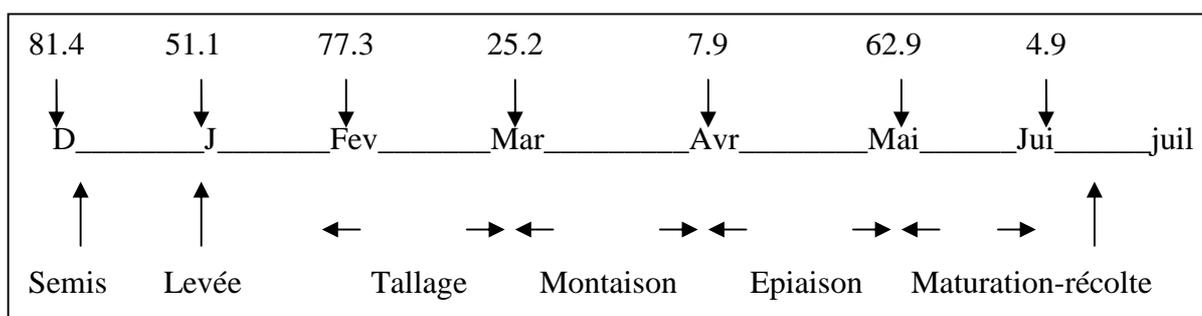
**Tableau 2.1 : Précipitations mensuelles (mm) ITGC de Khemis Miliana**

Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil
1 <sup>e</sup> année	26.3	26	53.9	112.6	53.2	83.8	26	15.6	0.7	00	00
2 <sup>e</sup> année	12	72.1	55	81.4	51.1	77.3	25.2	7.9	62.9	4.9	0.3
Moy/sta/2002	25	32	50	50	55	54	47	37	26	10	04

L'étude détaillée de la répartition des pluies en fonction du cycle de la culture (figure 2.1 a et b), nous permet de faire les constations suivantes :



**Figure 2.1-a : Séquence des pluies (mm) et le cycle de la culture de la 1<sup>ère</sup> année.**



**Figure 2.1-b : Séquence des pluies (mm) et le cycle de la culture de la 2<sup>e</sup> année.**

- Les précipitations enregistrées au moment et après le semis, ont satisfait les besoins en eau de la culture pour les deux années, entraînant :
  - une germination plus rapide suite à une élévation de l'humidité du sol.
  - un nombre élevé de plants à la levée.
  - un nombre élevé de mauvaises herbes.

Néanmoins, ces fortes précipitations pourraient constituer une vraie contrainte pour l'épandage d'azote notamment de semis, à cause de lessivage qui pourra avoir lieu.

- Elle montre aussi que La phase levée -tallage, période sensible à la sécheresse coïncide avec les fortes précipitations du mois de janvier et

Février au cours des deux années, ce qui nous laissera prévoir une meilleure obtention de talles herbacées.

- Les précipitations mensuelles enregistrées durant les deux années sont insuffisantes notamment au mois d'avril, qui coïncide avec la phase montaison -épiaison, d'où le recours à des irrigations pour couvrir les besoins en eau de cette période.
- La phase de grossissement des grains coïncide avec les mois de mai et juin ou des quantités de pluies assez importantes ont été enregistrées au mois de mai de la 2<sup>ème</sup> année.

Les valeurs consignées dans le tableau 2.2, montrent que les besoins thermiques de la culture sont largement couverts. Les fortes températures enregistrées en fin du cycle de la 1<sup>ère</sup> campagne n'ont pas eu des effets négatifs sur notre culture bien que le poids de grains peut être affecter. Désormais, les fortes températures signalées au cours de la phase végétative, nous laisserons prévoir un nombre exceptionnel d'épis au mètre carré.

En 2<sup>ème</sup> année d'expérimentation, nous avons enregistré une période de forte chaleur accompagné d'un stress hydrique durant le mois d'avril jusqu'au début de mois de mai, survenue à un stade critique correspondant à la formation des graines et leur remplissage.

Les gelées survenues au cours des deux essais n'avaient pas un effet important sur la culture à part quelques brûlures des jeunes plantules de la 2<sup>ème</sup> année.

**Tableau 2.2 : Températures mensuelles (°C) ITGC de Khemis Miliana**

Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil
1 <sup>ère</sup> année	25.9	22.3	13.9	11	07.2	07.6	13.5	16.2	22.4	26.7	30.1
2 <sup>ème</sup> année	23.6	21	13.2	10.3	08.7	09.5	14.3	19	23.8	26.6	29.5
Moy/sta/2002	20	14	10	09	10.5	12.5	15.5	20.5	25.5	29.5	29.5

### 2.4.2- Les conditions édaphiques

La texture des sols du haut Cheliff est caractérisée par la prédominance des éléments fins, l'analyse granulométrique (tableau 2.3), indique que le taux d'argile et de limon fin sont dominants d'où une texture argilo -limoneuse favorable pour la culture de blé.

**Tableau 2.3: Analyse granulométrique du sol**

Fraction granulométrique en %	Profondeur (cm)	
	0 -30	30-45
Argile	42	41
Limons fins	32	31
Limons grossiers	13.58	14.99
Sables fins	07.33	07.41
Sables grossiers	11.96	05.59

Les résultats de l'analyse chimique du sol consignés dans le tableau 2.4 montrent que :

-Le pH de notre sol présente des réactions légèrement alcalines, en dépassant les normes prescrites par SMIRNOV et *al* (1975) et JUSTES et *al* (1997) pour le blé (6.5 à 7.5) notamment de la 1<sup>ère</sup> année.

-La teneur en calcaire actif est au delà de la norme qu'est estimée entre 1 et 5%.

-Le taux de la matière organique est moyen,

-une conductivité de 0.41 mmhos/cm et 0.20 mmhos/cm, nos sols sont considérés non salin.

-la teneur des sols en phosphore est moyenne, GODEFROY (1985) et SOLTNER (1988) considèrent que pour un sol contenant plus de 25 % d'argile, les teneurs optimales en phosphore sont de 60 à 120 ppm.

-La teneur du sol en azote total est dans les normes pour la 2<sup>ème</sup> année, par contre, elle est moyennement faible pour la 1<sup>ère</sup> année (0.04 %), cela est peut être due à la différence de la teneur et de la vitesse de minéralisation de la matière organique.

**Tableau 2.4: Analyse chimique du sol (prélèvement effectué à 1m de profondeur**

Analyses	1 <sup>e</sup> année	2 <sup>e</sup> année
pH	8	7.5
Calcaire actif %	6.2 %	7.6 %
CE mS/cm	0.41	0.20
Azote total %	0.04	0.10
CO %	0.63	1.04
MO %	1.08	1.8
Phosphore (ppm)	15	14
Potassium (meq/100g)	0.48	0.5
Calcium (meq/100g)	41	43
Magnésium (meq/100g)	3.52	4.03
Sodium (meq/100g)	0.74	0.5

### **2.4.3- Mise en place et conduite des essais**

Le précédent cultural de la 1<sup>ère</sup> année est une céréale (blé dur), celui de la 2<sup>ème</sup> année est une jachère travaillée, labourée en printemps.

S'agissant de la fumure de fond, nous avons utilisé un engrais binaire (0-20-25), le super 46. L'épandage est effectué par un épandeur centrifuge à une dose de 1.5 qx / ha, soit 15 g /m<sup>2</sup> en 1<sup>ère</sup> année et 1.2 qx /ha soit 12 g/m<sup>2</sup> en 2<sup>ème</sup> année.

Le labour d'automne est effectué à l'aide d'une charrue à soc suivie d'un croissage à l'aide d'un cover crop. L'opération d'hersage a lieu avant le semis.

Le semis est effectué à une profondeur de 3 cm et un écartement entre grain de 2 cm à l'aide d'un semoir expérimental suivant un tracé de lignes espacées de 20cm avec une dose de 360 grains par parcelle soit 120 grains par mètre carré.

Des quantités d'azote ont été apportées à la culture sous forme de l'urée 46 % épandu à la volée à raison de 1 quintal /ha, équivaut à une quantité de 25 g par parcelle, de la manière suivante :



N

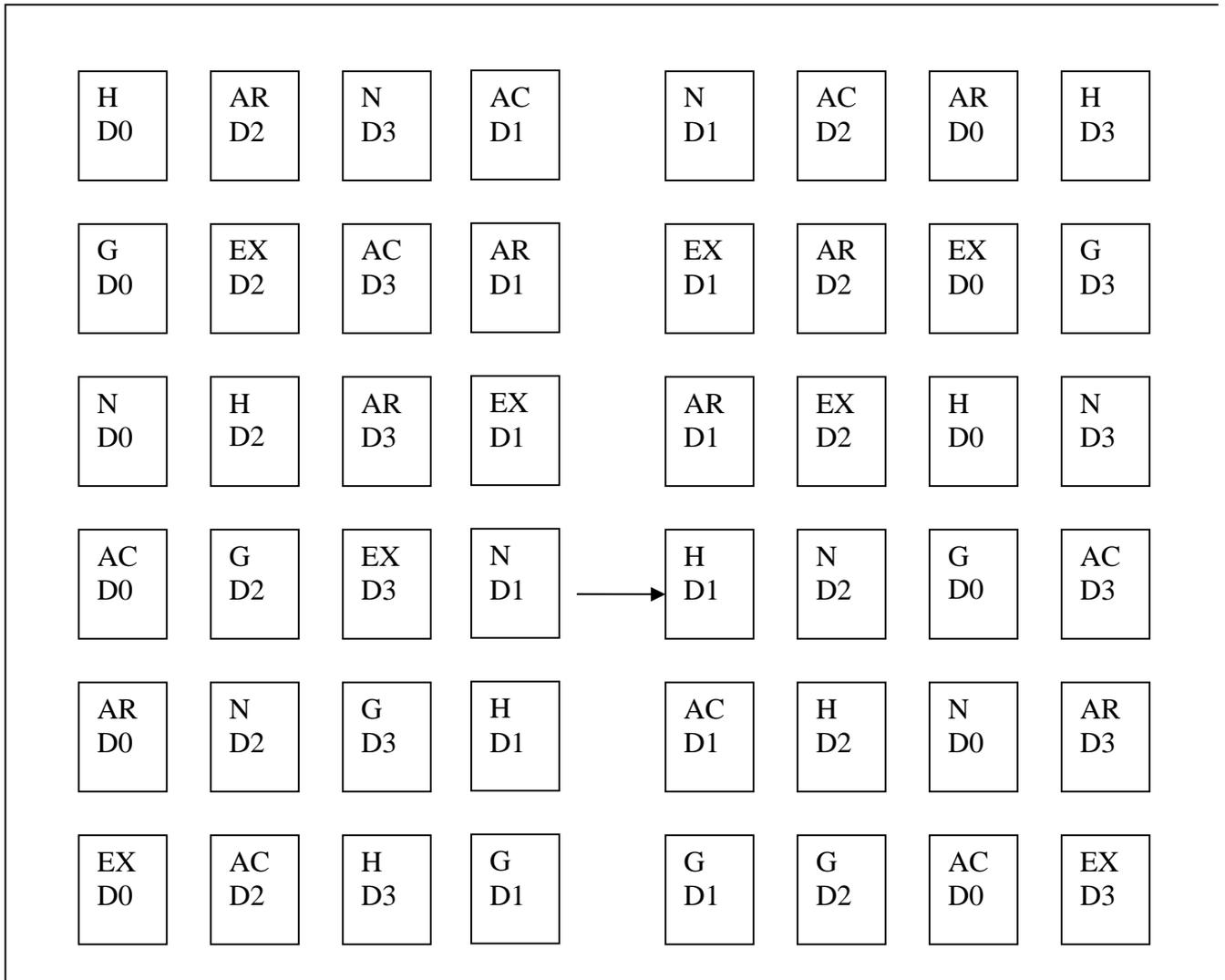


Figure 2.2 : Plan expérimental

D0 : pas de traitement.

D<sub>1</sub> : épandage d'un demi de la quantité globale destinée à la parcelle pendant le semis (12.5 g).

D<sub>2</sub> : épandage d'un demi de la quantité globale destinée à la parcelle pendant la montaison (12.5 g)

D<sub>3</sub> : épandage d'un tiers de la quantité destinée à la parcelle pendant le semis (8 g), le tallage (8 g) et la montaison (8 g)

Concernant les travaux d'entretien, deux irrigations et deux types de désherbage ont été pratiqués comme suit :

-Un désherbage chimique au stade 3 à 4 feuilles, en utilisant deux herbicides, le Grand Star 75 à une dose de 12.5g / ha et le Caliolope avec une dose de 0.75 l/ha respectivement sur les dicotylédones et les monocotylédones.

-Un arrachage manuel des mauvaises herbes, l'un effectué au tallage et l'autre à la montaison.

L'irrigation est effectuée manuellement à l'aide d'un arroseur de 10 L

Une première irrigation a eu lieu à la montaison, suivie d'une autre irrigation à la fin de la montaison et début épiaison, lorsque l'humidité du sol est minimale.

#### **2.4.4- Paramètres mesurés**

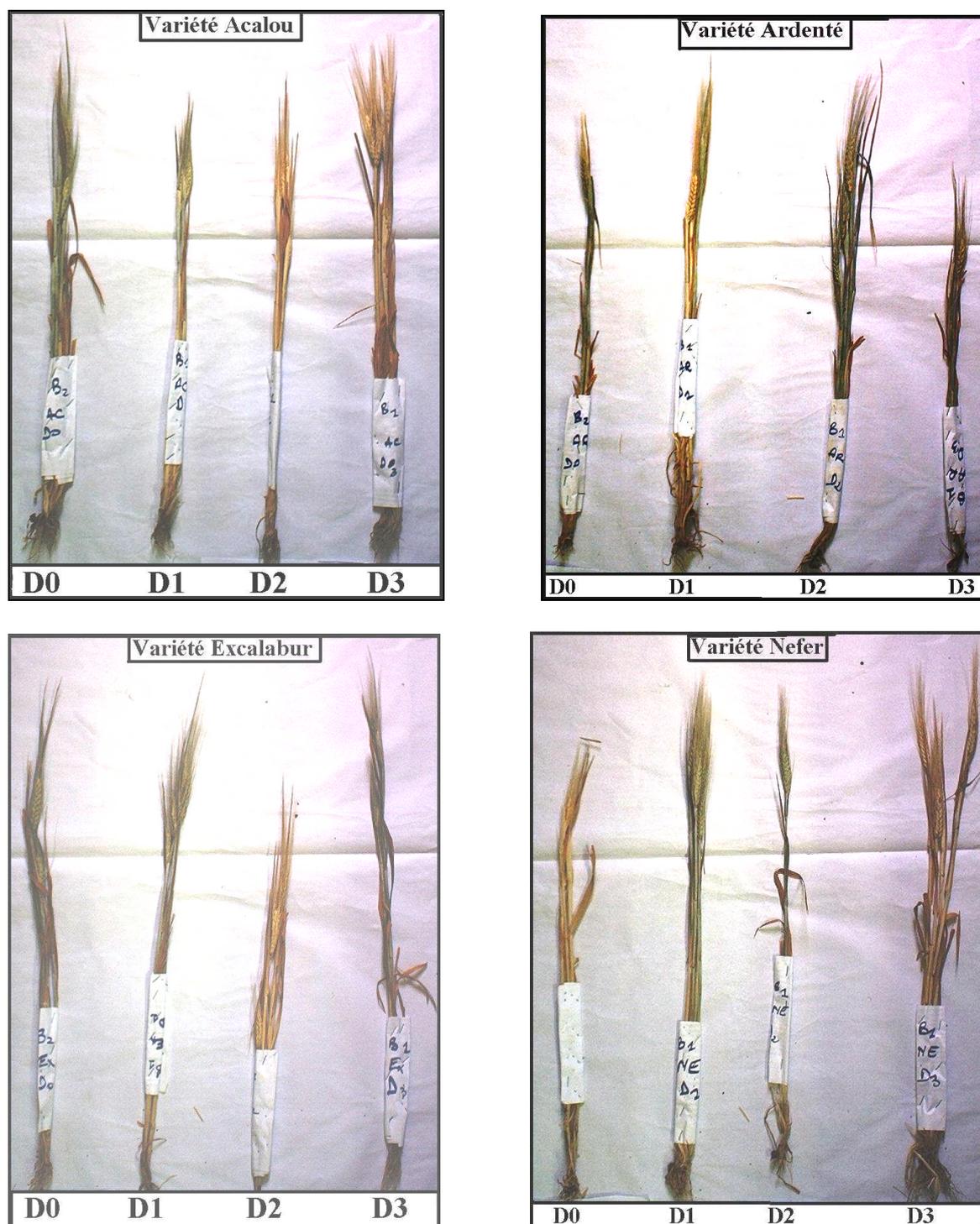
##### **a) Au niveau de la culture**

La récolte a été faite manuellement à la maturité des graines, chaque pied sur lequel ont été effectuées des mesures au champ, est récolté à part et étiqueté dans le but de suivre les travaux de comptage et les analyses au laboratoire. Le prélèvement des plants échantillons s'est fait au hasard sur des lignes internes de la parcelle.

Concernant les stades phénologiques, nous avons procédé au comptage du nombre de jours pour chaque période de croissance (semis –tallage, tallage– montaison, montaison- épiaison, épiaison- floraison, floraison -maturité).

Un Comptage du nombre de pieds par mètre carré est effectué au stade 2 à 3 feuilles, à l'aide d'un cadre métallique d'un mètre carré jeté aléatoirement. La hauteur des plantes (LP) est mesurée en (cm) de la surface du sol jusqu'à la base

de l'épi, barbes non comprises. Pour la longueur de la feuille étandard (LFE) les mesures sont effectuées de la ligule à la l'extrémité du limbe en (cm). En outre la longueur du col épi (LCE) est mesurée du dernier nœud jusqu'à la base de l'épi en (cm). En revanche, le nombre de talles herbacées (TH) est mesuré sur un échantillon de pieds délimité par un cadre d'un mètre carré, vers la fin de tallage.



**Figure 2.3 : Evolution des variétés étrangères selon les apports azotés, 1<sup>ère</sup> année, stade de maturité.**



**Figure 2.4 : Evolution des variétés locales selon les apports azotés, 1<sup>ère</sup> année, Stade de maturité**

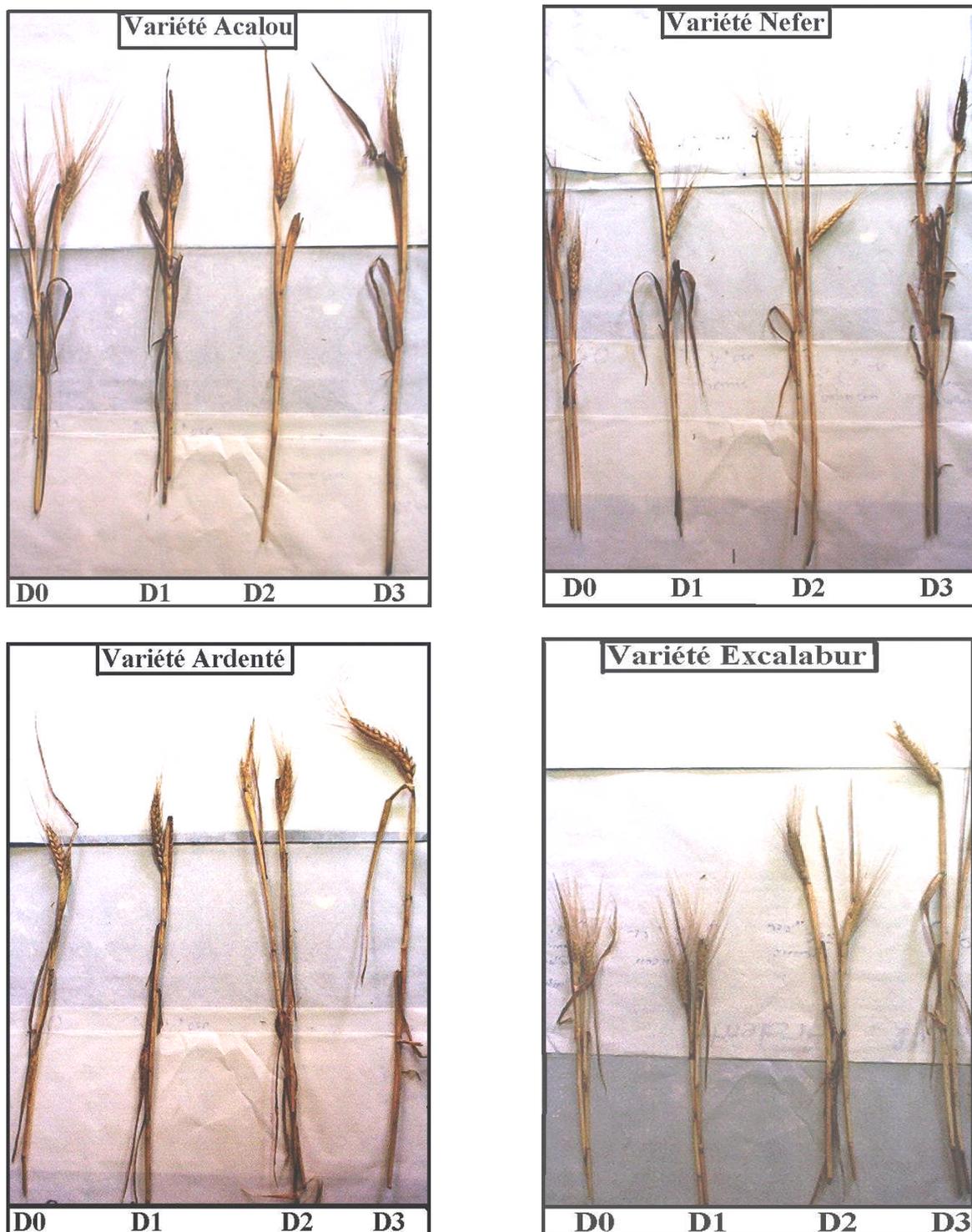
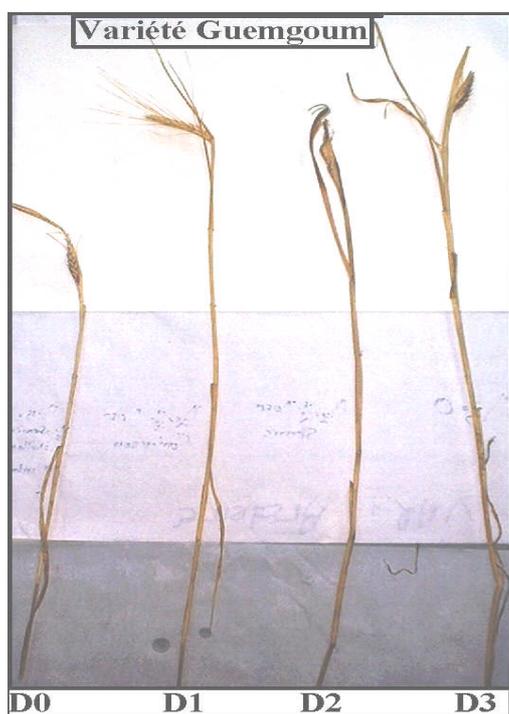


Figure 2.5 : Evolution des variétés étrangères selon les apports azotés, 2<sup>ème</sup> année, stade de maturité.



**Figure 2.6 : Evolution des variétés locales selon les apports azotés, 2<sup>ème</sup> année, stade de maturité.**

Le nombre de talles épiées par plante (TE) est mesuré quant à lui après la floraison par le comptage des talles herbacées épiées. Le nombre de grains par

épi (NGE), est dénombré à partir d'un lot de 50 épis prélevés par parcelle. Le comptage de mille grains est mené à partir d'un prélèvement de trois échantillons par parcelle à l'aide d'un compteur de grains, la pesée (PMG) est réalisée par une balance de précision.

### **b) Au niveau de laboratoire**

Les parties aériennes (les talles et les graines) sont prélevées de cinq plants au hasard pendant les périodes à savoir, la floraison, la maturité et les graines.

Les paramètres mesurés sont :

- la matière sèche de la paille et des graines, par un séchage à l'étuve à 105°C pendant 24h ;
- l'azote total de la paille et des graines par la méthode de KJELDAHL (Appendice A),

Pour chaque parcelle, nous avons effectué trois répétitions pour la matière sèche et l'azote total, quant aux acides aminés, un seul dosage est effectué.

#### **2.4.5-Méthodes d'analyse**

Le rendement en grains est calculé selon la formule suivante :

**Rendement (g/m<sup>2</sup>)** = Nombre de plants / m<sup>2</sup> x nombre d'épi /plant x nombre de grains / épi x PMG /1000.

**L'azote total N (mg)** est calculé selon la formule suivante :

1 ml HCL à 0.2 N → 2.803 mg d'N

V ml HCL → X mg.

**La matière sèche (MS)** est calculée selon la formule suivante :

P<sub>1</sub> est le poids avant séchage.

P<sub>2</sub> est le poids après séchage

MS % = P<sub>2</sub> /P<sub>1</sub> x100

L'analyse statistique dont l'analyse de la variance, le regroupement d'essais, les matrices de corrélation et les courbes de régression ont été effectuées par le logiciel xlstat2006.

## CHAPITRE 3

### ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

#### **3.1-Introduction**

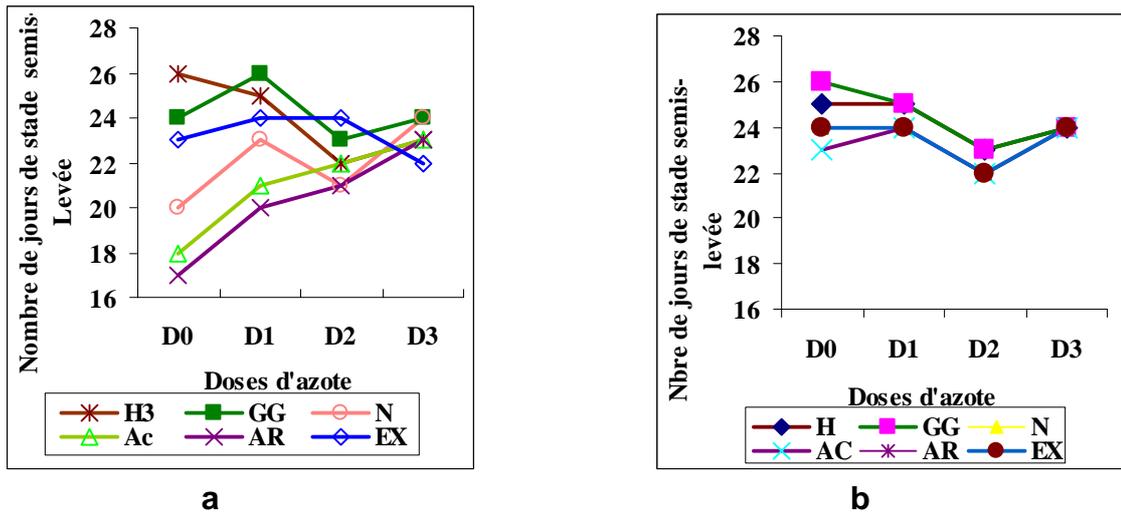
Dans le présent chapitre, on procède à une analyse et une interprétation des résultats obtenus dont on a jugé utile de les regrouper en deux grandes parties selon le comportement des génotypes vis à vis des apports azotés dans un premier temps et vis-à-vis de l'azote total assimilé dans un second temps.

#### **3.2-Comportement des génotypes vis-à-vis des apports azotés**

##### **3.2.1- Stades phénologiques**

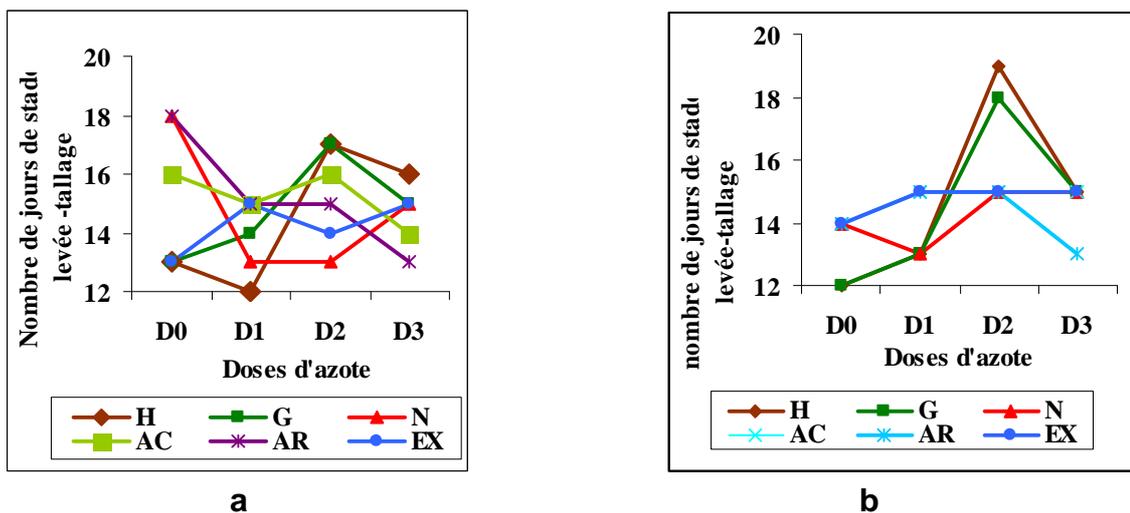
Les moyennes relatives aux durées des différents stades phénologiques des génotypes étudiés durant les deux années de culture reflètent d'une façon assez claire l'effet génotype associé aux conditions d'environnement (pluviométrie, température, apport azoté) :

**-Stade semis-levée** : La durée en jours du stade semis – levée caractérisée par l'apparition de la première feuille est nettement marquée par les apports azotés en 2<sup>ème</sup> année. En effet, nous avons enregistré une moyenne de 22 jours au niveau de la dose D<sub>2</sub> suivie par une valeur moyenne de 24 jours pour les doses D<sub>1</sub>, D<sub>3</sub> et D<sub>0</sub>. Cette durée n'a varié que d'un seul jour entre les génotypes importés et locaux soit respectivement de 23 jours et 24 jours pour la même année. Cependant, au cours de la 1<sup>ère</sup> année, l'effet des doses d'azote n'a été révélé qu'au niveau de la dose D<sub>0</sub>. Les génotypes ont donné des durées de jours caractérisées par une fluctuation d'un jour à deux au sein des génotypes importés, à l'opposé des génotypes locaux où la durée est la même (Appendice C).



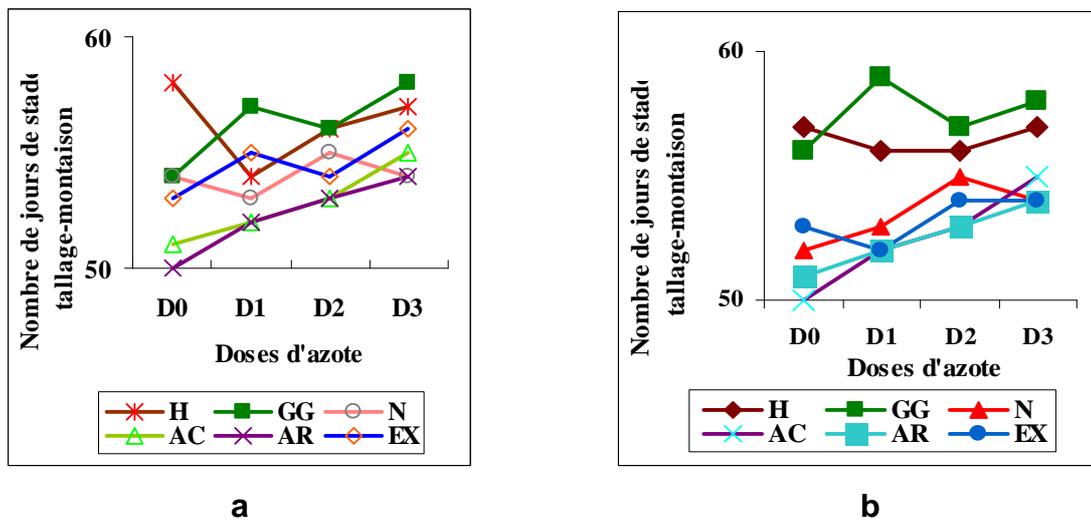
**Figure 3.1 : La durée du stade semis -levée en fonction des doses d'azote durant les deux années de culture (a : 1<sup>ère</sup> année, b : 2<sup>ème</sup> année).**

**-Stade levée-tallage** : Ce stade est caractérisé souvent par l'apparition des quatre feuilles et du plateau de tallage. Nous n'avons enregistré aucun effet des doses d'azote appliquées ou des génotypes sur la durée du stade levée – tallage durant la 1<sup>ère</sup> année. Les résultats obtenus en 2<sup>ème</sup> année ne montrent pas de différences au niveau des génotypes, par contre une légère différence est relevée au niveau des doses apportées notamment la dose D<sub>2</sub> (Appendice C).



**Figure 3.2 : La durée du stade levée- tallage en fonction des doses d'azote durant les deux années de culture (a : 1<sup>ère</sup> année, b : 2<sup>ème</sup> année).**

**-Stade tallage- montaison** : Les valeurs moyennes de la durée en jours obtenues ont montré la tardivité des géotypes locaux par rapport aux importés pour les deux années. Durant la 1<sup>ère</sup> année (Appendice C), la durée de 56 jours pour Hedba et Guemgoum étant plus longue que celle des géotypes importés notamment Ardenté et Acalou (52 jours). Des différences sont à signaler au niveau des doses D<sub>3</sub>, D<sub>1</sub> et D<sub>0</sub>. De la même manière se sont comportés les géotypes en 2<sup>ème</sup> année avec une durée oscillant entre 53 jours pour les importés et 57 jours pour les locaux. L'effet des doses est moins perceptible durant la 2<sup>ème</sup> année, nous avons signalé une différence d'un jour entre les doses appliquées.



**Figure 3.3: La durée du stade tallage- montaison en fonction des doses d'azote durant les deux années de culture (a : 1<sup>ère</sup> année, b : 2<sup>ème</sup> année).**

**-Stade montaison-épiaison** : les résultats obtenus indiquent l'effet perceptible des géotypes, mettant en évidence la grande variabilité phénotypique. À l'épiaison les géotypes locaux sont les plus tardifs avec une durée de 48 jours chez Hedba et 44 jours chez Guemgoum au cours de la 1<sup>ère</sup> année suivie par les géotypes nains importés (35 jours). Aucun effet n'a été signalé des doses apportées.

En 2<sup>ème</sup> année, la différence de la durée en jours est moins importante entre Hedba et Guemgoum (48 et 46 jours). Les géotypes importés ont presque la même durée (34 jours) (Appendice C). En outre, une légère différence significative est obtenue au niveau des doses d'azote.

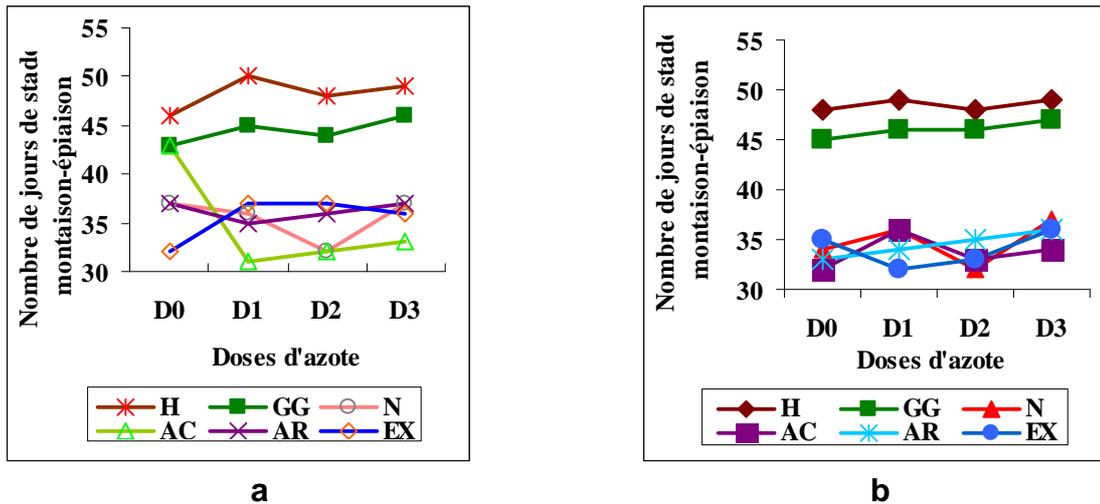


Figure 3.4 : La durée du stade montaison-épiation en fonction des doses d'azote durant les deux années de culture (a : 1<sup>ère</sup> année, b : 2<sup>ème</sup> année).

**-Stade épiation-floraison** : Aucun effet n'est révélé que ça soit de la part des génotypes ou des doses d'azote appliquées durant les deux années. La durée de ce stade était la même avec une moyenne de 13 jours pour les doses D<sub>2</sub> et D<sub>3</sub> et 12 jours pour les doses D<sub>0</sub> et D<sub>1</sub>.

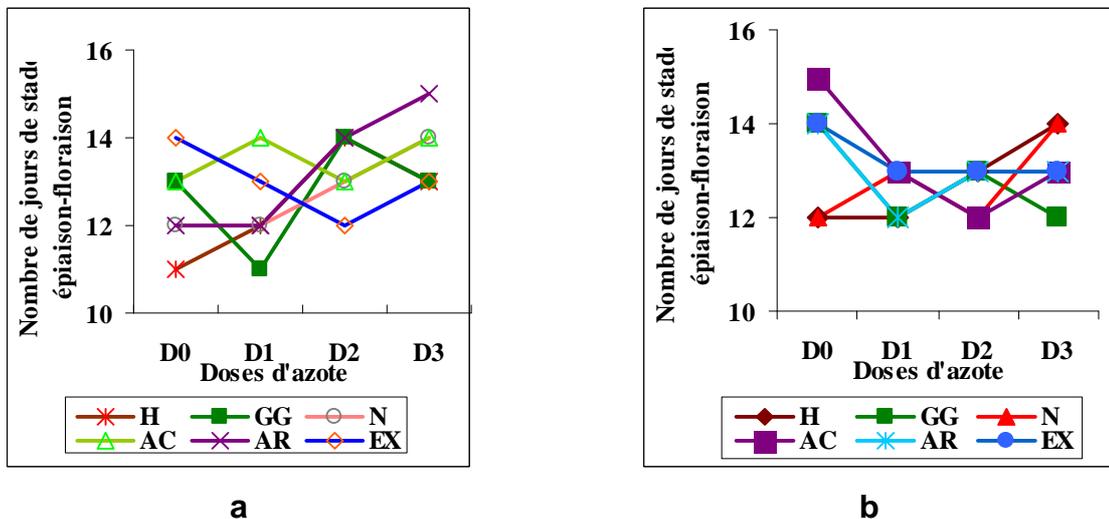
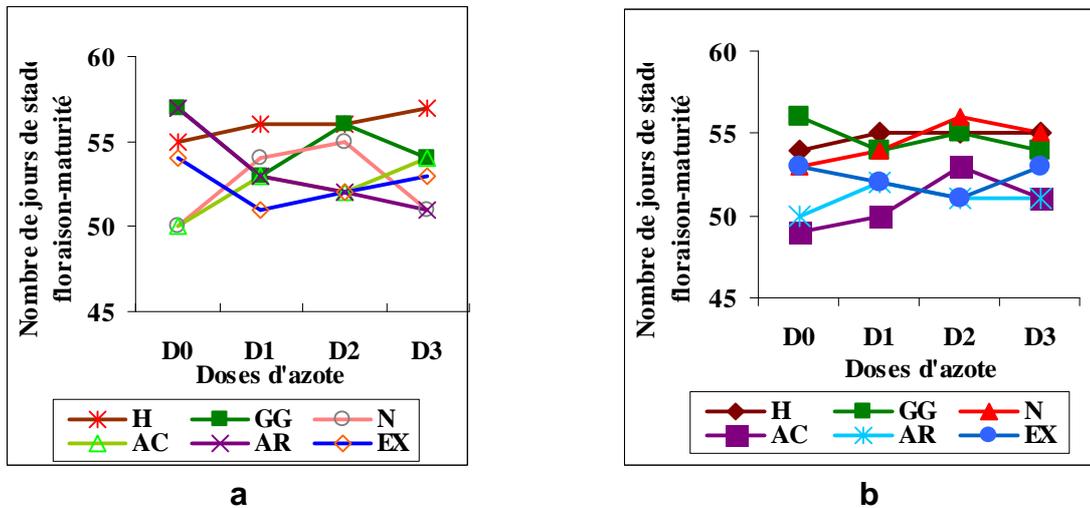


Figure 3.5 : La durée du stade épiation-floraison en fonction des doses d'azote durant les deux années de culture (a : 1<sup>ère</sup> année, b : 2<sup>ème</sup> année).

**-Stade floraison-maturation** : La durée de ce stade était la plus longue par rapport aux autres précités durant les deux campagnes. Nous n'avons enregistré aucun effet des génotypes ou des doses d'azote au cours de la 1<sup>ère</sup> année. L'effet des génotypes est révélé significatif pendant la 2<sup>ème</sup> année. Les génotypes Hedba, Guemgoum et Nefer se sont comportés de la même manière avec une

durée moyenne de 55 jours dépassant ainsi Ardenté et Acalou de 4 à 5 jours. L'effet des doses d'azote est complètement anéanti.



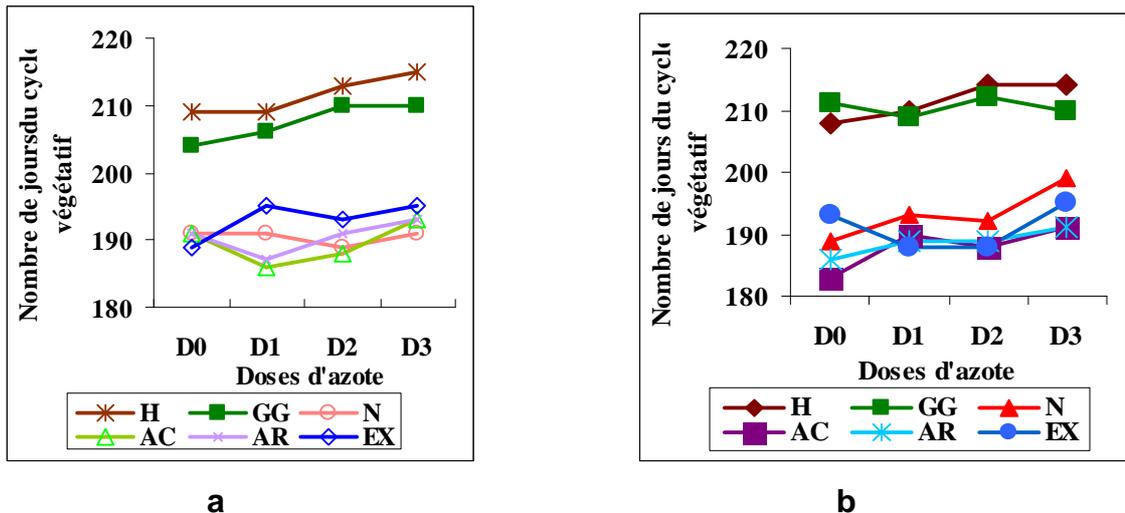
**Figure 3.6 : La durée du stade floraison -maturité en fonction des doses d'azotes deux années de culture (a : 1<sup>ère</sup> année, b : 2<sup>ème</sup> année).**

### -Cycle végétatif

Le cycle végétatif est un ensemble de périodes délimitées par des stades correspondant à des changements notables dans l'allure du rythme de croissance en décrivant la vie du blé.

Concernant l'effet du génotype sur la durée en jours du cycle végétatif, les résultats obtenus au cours des deux années révèlent des différences significatives. L'effet de la dose d'azote était moins spectaculaire.

Durant la 1<sup>ère</sup> année, les deux génotypes locaux sont classés en premier avec une moyenne de 211 jours chez Hedba et 207 jours chez Guemgoum par rapport aux génotypes importés. Un léger effet des doses d'azote sur la durée du cycle végétatif est apparu au niveau de la dose D<sub>3</sub> (199 jours). Durant la 2<sup>ème</sup> année ; les génotypes locaux se sont comportés de la même manière que la 1<sup>ère</sup> année, alors que la durée en jours chez les génotypes importés est écourtée notamment chez Ardenté, Acalou et Excalabur. Concernant les doses d'azote, la durée en jours est apparue plus longue au niveau de la dose D<sub>3</sub> (200 jours).



**Figure 3.7 : La durée du cycle végétatif en fonction des doses d'azote durant les deux années de culture (a : 1<sup>ère</sup> année, b : 2<sup>ème</sup> année).**

### **Conclusion**

A la lumière des résultats obtenus, la durée en jours des stades phénologiques et le cycle végétatif semblent être plus influencés par le génotype (qu'il soit local à paille haute ou importé nain) que par la dose d'azote apportée. Néanmoins, les doses d'azote ont pu affecter au cours de la 2<sup>ème</sup> année les stades semis -levée, levée –tallage ainsi que le cycle végétatif en 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> année au niveau de la dose D<sub>3</sub>. Par contre, aucun effet n'a été enregistré de la part des génotypes ou des doses d'azotes sur la durée du stade épiaison – floraison. Il est à noter que la durée est la même pour tous les génotypes. La précocité et/ou la tardivité des génotypes étudiés est nettement apparu dans le stade tallage – montaison et le stade montaison –épiaison, qui semblent être responsable de la différence observée sur la durée totale du cycle végétatif.

### **3.2.2- Les caractères morphologiques**

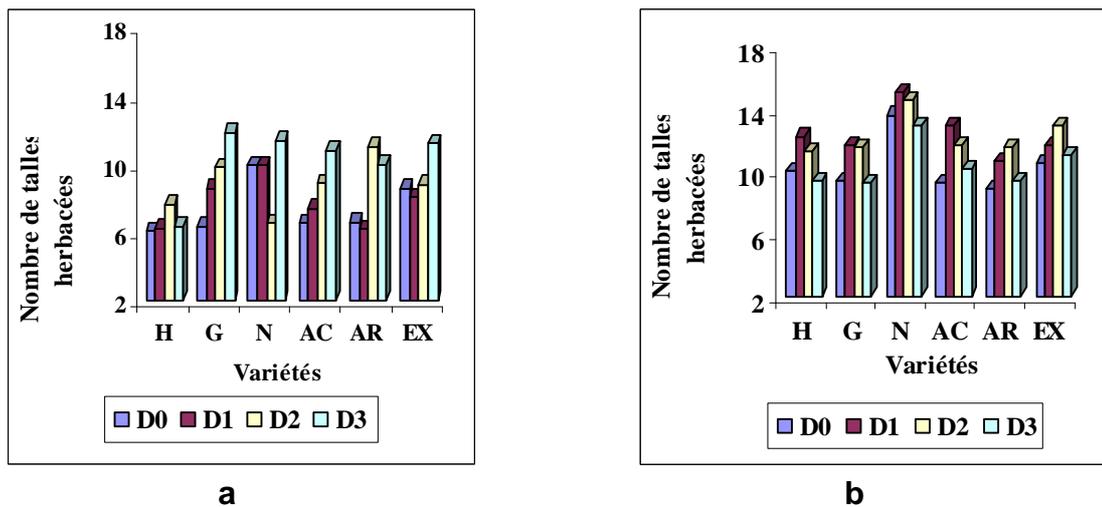
#### **3.2.2.1- Les talles herbacées**

Des effets importants sont à relever de la part des génotypes, des doses d'azote et leurs interactions en 1<sup>ère</sup> année. Les génotypes locaux se sont comportés différemment notamment le génotype Guemgoum (9 talles), ceci lui a permis de se classer avec les génotypes importés qui ont donné des valeurs allant de 8 à 9 talles. Pour l'effet des doses d'azote et leurs interactions avec les génotypes, la dose D<sub>3</sub> combinée avec Guemgoum, Nefer, et Excalibur ont donné

des moyennes plus ou moins importantes ; 10 talles pour la dose D<sub>3</sub> et 11 talles pour ces interactions.

La 2<sup>ème</sup> année a connu une augmentation importante du nombre des talles herbacées chez l'ensemble des géotypes notamment Nefer (14 talles) suivie par les autres géotypes (11 à 10 talles). Il est à noter que Hedba et Guemgoum ont occupé la même classe que les géotypes importés (Acalou, Ardenté et Excalabur) connus par leur fort tallage herbacé. Une autre augmentation des talles herbacées est révélée au niveau des doses d'azote; la D<sub>1</sub> et la D<sub>2</sub> étaient en premier avec une moyenne de 12 talles suivie par la D<sub>3</sub> et la D<sub>0</sub> (10 talles).

Le regroupement d'essais a révélé un effet significatif de l'année associée aux géotypes sur ce caractère, les géotypes de la 2<sup>ème</sup> année ont donné le plus grand nombre de talles herbacées avec une moyenne de 14 talles chez Nefer, 11 talles chez Excalabur et 10 talles chez les autres géotypes.



**Figure 3.8 : Le nombre de talles herbacées en fonction des géotypes durant les deux années de culture (a: 1<sup>ère</sup> année, b: 2<sup>ème</sup> année).**

**Tableau 3.1 : Nombre moyen de talles herbacées, talles épis**

Talles herbacées				Talles épis				Talles épis/Talles herbacées			
Effet de géotype				Effet de géotype				Effet de géotype			
1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année	
Var	moy	Var	moy	Var	moy	Var	moy	Var	Ratio	Var	Ratio
N	9.39	N	14.01	G	5.29	N	5.93	H	68%	G	49%
EX	9.11	EX	11.51	N	4.99	EX	5.35	G	58%	AR	49%
G	9.10	AC	10.97	AC	4.50	G	5.21	N	53%	EX	46%
AR	8.39	H	10.70	H	4.48	AR	4.98	AC	53%	H	45%
AC	8.36	G	10.43	EX	4.27	H	4.87	AR	50%	AC	44%

### 3.2.2.2-Talles épis

La récurrence des résultats indique des effets forts perceptibles de la part des génotypes, des doses d'azote et de leurs interactions au cours des deux années d'étude. Guemgoum a fait l'exception en dépassant tous les génotypes en 1<sup>ère</sup> année et en se classant en 1<sup>er</sup> ordre avec 5 talles épiées. La dose D<sub>3</sub> a avait le meilleur tallage épié avec 5 talles épiées /pied suivie par la D<sub>2</sub>, D<sub>1</sub> et la D<sub>0</sub> (4 talles épiées) durant la même campagne.

De la même façon les interactions génotype\*dose d'azote ont créé des fluctuations dans le nombre de talles épiées variant de 7 talles épiées pour l'interaction Guemgoum\*D<sub>3</sub> à 3 talles épiées pour l'interaction Ardenté\*D<sub>1</sub>.

L'effet du génotype, des doses appliquées et des interactions a été autant plus important durant la 2<sup>ème</sup> année que celui de la 1<sup>ère</sup> année ; le nombre de talles épiées a atteint son maximum, 6 talles chez Nefer. Concernant les doses d'azote, une forte variabilité est à signaler. La dose D<sub>3</sub> est classée en dernier avec une moyenne de 4 talles. La moyenne la plus élevée est enregistrée au niveau de la dose D<sub>1</sub>. Les mêmes fluctuations sont relevées au niveau des interactions oscillant entre 8 talles épiées pour Nefer\*D<sub>2</sub> à 3 talles épiées pour Excalabur\*D<sub>3</sub>.

De plus, l'effet de l'interaction de la dose d'azote avec l'année sur ce caractère a enregistré des différences significatives; une moyenne de 6 talles est enregistrée au niveau de la dose D<sub>1</sub> au cours de la 2<sup>ème</sup> année suivie par la dose D<sub>2</sub> de la même année et la dose D<sub>3</sub> de la 1<sup>ère</sup> année avec une moyenne de 5 talles épiées.

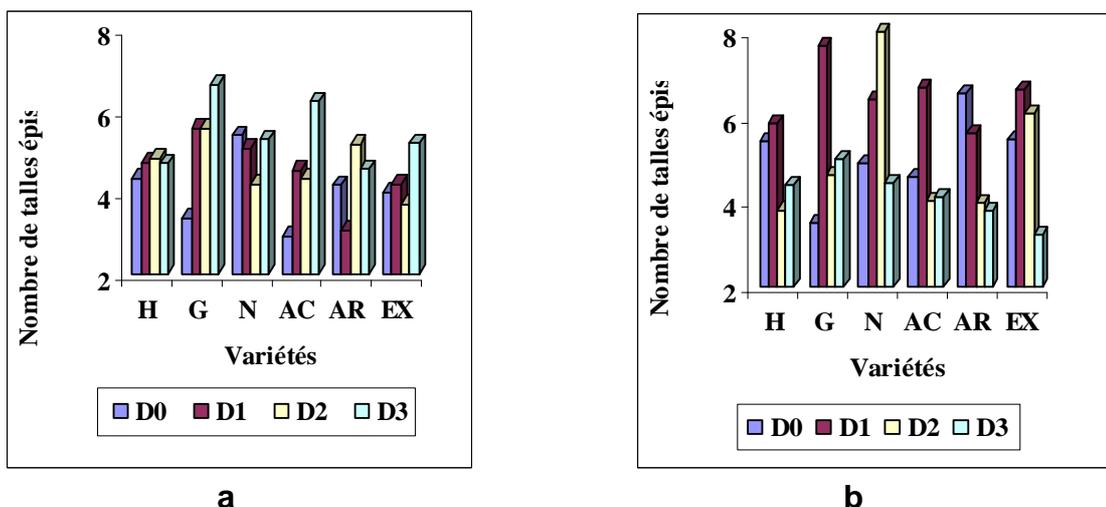


Figure 3.9 : Le nombre de talles épiées en fonction des génotypes durant les deux années de culture (a: 1<sup>ère</sup> année, b: 2<sup>ème</sup> année)

En revanche, les valeurs moyennes du ratio talles épiées/talles herbacées (TE/TH) reportées dans le tableau 3.1 et le tableau 3.2 ont permis de déduire les constatations suivantes :

- Le meilleur ratio au niveau des géotypes est obtenu chez Hedba en 1<sup>ère</sup> année ; Guemgoum et Ardenté en 2<sup>ème</sup> année.

-La dose D<sub>1</sub> a été en 1<sup>er</sup> ordre avec un ratio de 57 % pendant la 1<sup>ère</sup> année ; 51% durant l'année suivante.

-Concernant les interactions géotype \* dose d'azote ; le ratio le plus élevé est obtenu au cours de la 1<sup>ère</sup> année avec l'interaction Hedba\*D<sub>2</sub>.

**Tableau 3.2: Nombre moyen de talles herbacées, talles épiées et ratio TE/TH des interactions géotype\*dose d'azote**

Talles herbacées		Talles épiées				Talles épiées/Talles herbacées	
interaction géotype*dose		interaction géotype*dose				interaction géotype*dose	
1 <sup>ère</sup> année		1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> année	
génot*dose	moy	génot*dose	moy	génot*dose	moy	génot*dose	ratio
G*D <sub>3</sub>	11.85	G*D <sub>3</sub>	6.65	N*D <sub>2</sub>	8	H*D <sub>2</sub>	63%
N*D <sub>3</sub>	11.35	AC*D <sub>3</sub>	6.22	G*D <sub>1</sub>	7.70	AC*D <sub>3</sub>	57%
EX*D <sub>3</sub>	11.18	N*D <sub>3</sub>	5.30	AC*D <sub>1</sub>	6.70	G*D <sub>3</sub>	56%
AC*D <sub>3</sub>	10.76	EX*D <sub>3</sub>	5.20	N*D <sub>1</sub>	6.40	N*D <sub>1</sub>	51%
N*D <sub>1</sub>	9.87	N*D <sub>1</sub>	5.07	EX*D <sub>2</sub>	6.07	N*D <sub>3</sub>	46%
EX*D <sub>2</sub>	8.77	H*D <sub>2</sub>	4.83	AR*D <sub>1</sub>	5.63	EX*D <sub>3</sub>	46%
H*D <sub>2</sub>	7.57	EX*D <sub>2</sub>	3.70	EX*D <sub>3</sub>	3.23	EX*D <sub>2</sub>	42%

### 3.2.2.3-La hauteur des plantes

L'effet du géotype et son interaction avec les doses d'azote apportées ont fortement affecté ce caractère durant la 1<sup>ère</sup> année avec une hauteur de 48 cm chez Acalou à 80 cm chez Hedba (Tableau 3.3). Pour les interactions, les valeurs obtenues avec Hedba associé à la dose D<sub>2</sub>, D<sub>1</sub> et D<sub>3</sub> ainsi que Guemgoum associé à la dose D<sub>1</sub> sont plus importante que celles obtenues chez les introduits (Appendice B).il est à noter que Ardenté a donné une hauteur acceptable au niveau de la D<sub>1</sub> par rapport aux autres, si non aucun effet n'a été signalé des doses d'azote à elles seules.

Par ailleurs, nous avons enregistré au cours de la 2<sup>ème</sup> année une régression prononcée dans la hauteur des plantes par rapport à la 1<sup>ère</sup>année au niveau des

génotypes estimée entre 45 cm chez Acalou et 69 cm chez Guemgoum. De même, l'effet des doses d'azote a provoqué une variation allant de 54 cm au niveau de la dose D<sub>3</sub> à 56 cm pour la dose D<sub>1</sub>.

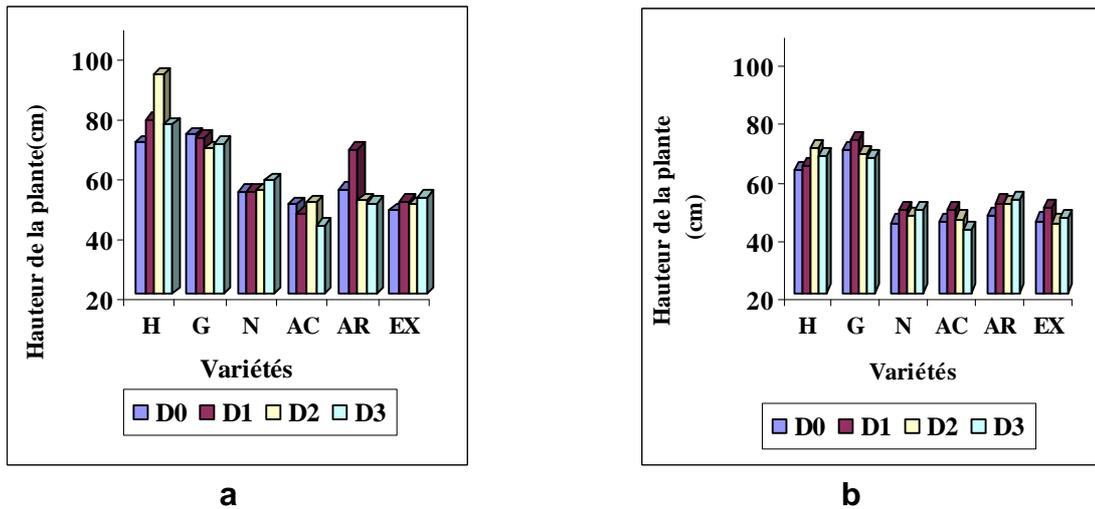
**Tableau 3.3 : Nombre moyen de la hauteur de la paille des génotypes**

Hauteur des plantes (cm)			
1 <sup>é</sup> année		2 <sup>e</sup> année	
génotype	moyenn e	génotype	moyenne
H	79.72	G	69.02
G	71.29	H	65.59
AR	56.18	AR	50.07
N	55.28	N	46.84
EX	50.38	EX	45.94
AC	47.64	AC	45.02

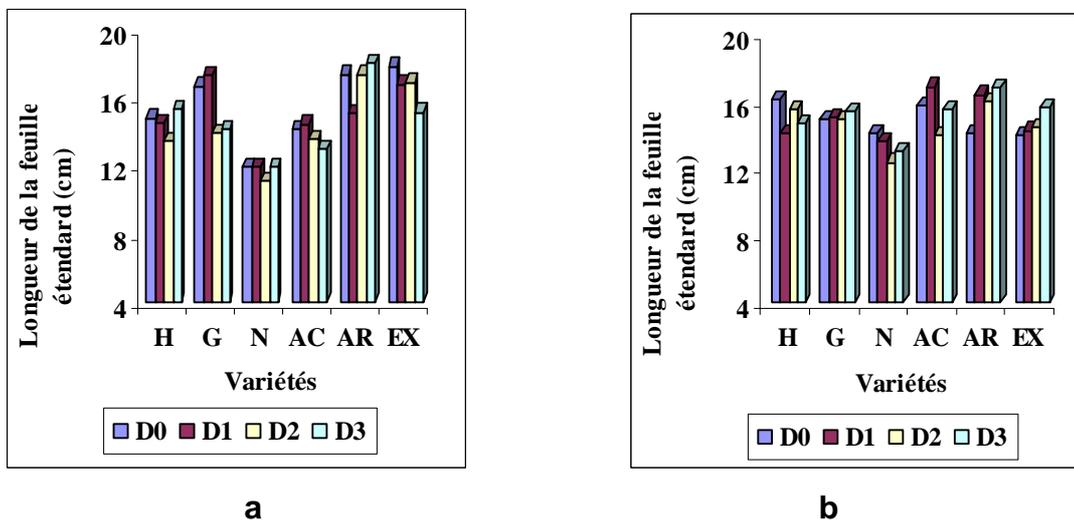
#### **3.2.2.4-La longueur de la feuille étendard**

Les résultats reportés dans le tableau 3.4, indiquent un effet perceptible de la part des génotypes en 1<sup>ère</sup> année, à l'opposé de la 2<sup>ème</sup> année où toutes les valeurs se rapprochent.

En effet, au cours de la 1<sup>ère</sup> année une variation assez importante est enregistrée. Le génotype Nefer a atteint la plus petite valeur estimée à 12 cm soit une différence de 5 cm chez le génotype Ardenté qui a eu la plus grande valeur (17 cm). De plus les valeurs obtenues au niveau des doses d'azote ne reflètent qu'un léger effet, contrairement aux interactions, où Ardenté combiné à la dose D<sub>3</sub> et la dose D<sub>2</sub>, Guemgoum combiné à la dose D<sub>1</sub> ont eu les meilleures valeurs variant de 17 cm à 18 cm. (Appendice C).



**Figure 3.10 : La hauteur des plantes en fonction des génotypes durant les deux années de culture (a : 1<sup>ère</sup> année, b : 2<sup>ème</sup> année).**



**Figure 3.11 : La longueur de la feuille étendard en fonction des génotypes durant les deux années de culture (a : 1<sup>ère</sup> année, b : 2<sup>ème</sup> année).**

Durant la 2<sup>ème</sup> année, la longueur de la feuille étendard a connu une régression chez les génotypes importés nains, contrairement aux génotypes locaux qui ont gardé les mêmes mesures (Tableau 3.4). Cependant aucun effet n a été révélé que ce soit des apports azotés ou de leurs interactions avec les génotypes. L'effet de l'année interféré aux génotypes a révélé des différences dans le comportement de ces derniers pour les deux années ; Ardenté a eu la valeur la plus élevée oscillant entre 16 cm et 17 cm suivie de Excalibur pendant la 1<sup>ère</sup> année (16 cm).

**Tableau 3.4: Nombre moyen de la longueur de la feuille étendard**

Effet de génotypes			
1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année	
génotypes	moyenne	génotypes	moyenne
AR	16.92	AR	15.73
EX	16.63	AC	15.45
G	15.46	H	15
H	14.46	G	14.98
AC	13.72	EX	14.53
N	11.67	N	13.20

**3.2.2.5-Longueur du col de l'épi**

Comme pour la longueur de la feuille étendard, l'examen statistique a montré encore une fois la grande variabilité du comportement des génotypes à l'égard de la longueur du col de l'épi pour les deux années d'expérimentation. Les valeurs moyennes de ce caractère reportées dans le tableau 3.5, révèlent un gain prononcé durant la 1<sup>ère</sup> année notamment chez les génotypes locaux. Alors que Hedba et Guemgoum ont atteint respectivement une moyenne de 30 cm et 27cm, les génotypes introduits ont obtenu des valeurs moyennes de 20 cm à 22cm. Aucun effet n'a été consigné de la part des doses d'azote et/ou de leurs interactions. Une forte régression est consignée dans les valeurs relevées pour l'ensemble des génotypes étudiés en 2<sup>ème</sup> année soit une différence de 12 cm pour les génotypes locaux et de 6 cm à 9 cm pour les génotypes introduits par rapport à la 1<sup>ère</sup> année

**Tableau 3.5 : Nombre moyen de la longueur du col de l'épi des génotypes**

Effet de génotypes			
1 <sup>e</sup> année		2 <sup>e</sup> année	
génotype	moyenne	génotype	moyenne
H	30.43	H	17.86
G	26.40	N	14.92
AC	22.02	G	14.89
N	21.49	AC	14.78
AR	21.05	AR	13.76

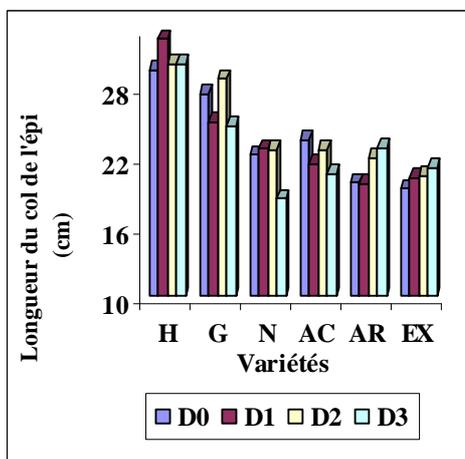
EX	20.25	EX	11.25
----	-------	----	-------

Les différences observées au niveau des doses d'azote sont avérées significatives avec des valeurs qui se rapprochent pour les doses D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> et D<sub>3</sub> (Tableau 3.6).

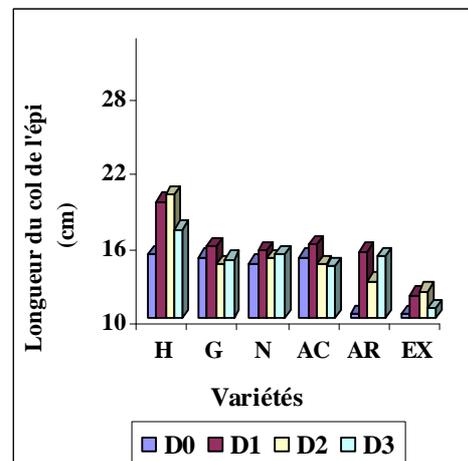
**Tableau 3.6 : Le nombre moyen de la longueur du col épi sous l'effet de la dose d'azote.**

Longueur du col de l'épi en (cm)	
Effet de la dose d'azote	
2 <sup>ème</sup> année	
Dose	Moyenne
D1	15.58
D2	14.96
D3	14.45
D0	13.31

Le regroupement d'essai fait ressortir un effet combiné de l'année et des génotypes sur la longueur du col de l'épi (Appendice C); les moyennes les plus élevées sont enregistrées chez les locaux suivis par les deux génotypes introduits Acalou et Ardenté de la 1<sup>ère</sup> année.



a



b

**Figure 3.12 : La longueur du col de l'épi en fonction des génotypes durant les deux années de culture (a : 1<sup>ère</sup> année, b : 2<sup>ème</sup> année).**

## **Conclusion**

L'étude des caractères morphologiques nous a permis de faire les constatations suivantes :

- Mise à part la 2<sup>ème</sup> année, un accroissement proportionnel à la dose d'azote apportée est relevé pour le nombre de talles au cours de la 1<sup>ère</sup> année d'expérimentation. Cependant, l'effet génotype est faible.

- Nefer a eu le nombre le plus élevé de talles herbacées durant les deux années et le meilleur nombre de talles épis pour la 2<sup>ème</sup> année. Le nombre le plus élevé de talles épiées est obtenu chez Guemgoum en 1<sup>ère</sup> année. La valeur la plus élevée pour le tallage herbacé et le tallage épié est relevée au niveau de La dose D<sub>3</sub> en 1<sup>ère</sup> année ; D<sub>1</sub> et la D<sub>2</sub> au cours de la 2<sup>ème</sup> année.

De plus Guemgoum combinée à la dose D<sub>3</sub> a présenté le meilleur tallage herbacé et tallage épié durant la 1<sup>ère</sup> campagne ; Nefer interféré à la dose D<sub>2</sub> pour Le tallage épié durant la 2<sup>ème</sup> campagne.

- La hauteur des plantes semble être un caractère lié au génotype, les deux génotypes locaux ont été classés en 1<sup>er</sup> ordre durant les deux campagnes. L'effet des doses d'azote est moins perceptible.

- Les meilleures valeurs pour la longueur de la feuille étendard sont obtenues chez les génotypes importés notamment Ardenté pour les deux années d'expérimentation.

- Concernant la longueur du col de l'épi, les génotypes locaux ont donné des valeurs plus élevées que celles des importés au cours des deux années de suivi, bien qu'une forte régression s'est révélée durant la 2<sup>ème</sup> année avec un léger effet de l'azote.

### **3.2.3-Le rendement et ses composantes**

#### **3.2.3.1-Le nombre de grains par épi**

Le comportement des génotypes vis à vis du nombre de grains par épi a enregistré une grande fluctuation entre les des deux années de culture. L'examen statistique a révélé un accroissement du nombre de grains pour la totalité des génotypes notamment les importés durant la 1<sup>ère</sup> année avec un nombre moyen élevé de 47 chez Ardenté (tableau 3.7). De plus, il est à noter que la dose D<sub>3</sub> et

son interaction (Tableau 3.8) avec le génotype Ardenté a eu la valeur moyenne la plus élevée.

Une régression prononcée du nombre de grains est consignée durant la 2<sup>ème</sup> année pour l'ensemble des génotypes (Tableau 3.7) et les doses d'azote (Appendice B) avec une valeur moyenne de 34 chez Ardenté et 28 au niveau de la dose D<sub>3</sub>. S'agissant des interactions avec les doses apportées, les résultats reportés dans le tableau 3.8, font apparaître le génotype Ardenté combiné à la dose D<sub>1</sub> en 1<sup>er</sup> ordre.

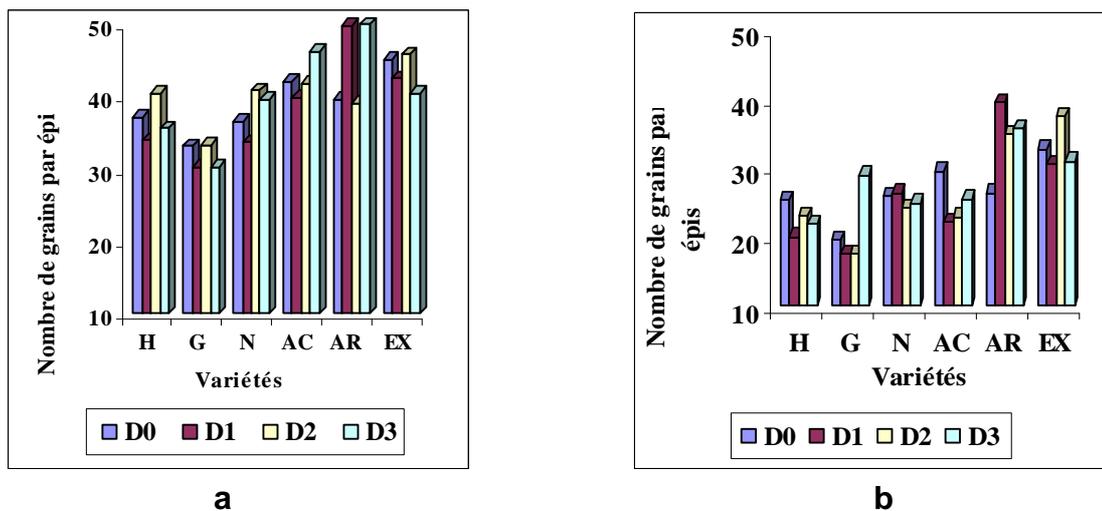


Figure 3.13 : Le nombre de grains par épi en fonction des génotypes durant les deux années de culture (a : 1<sup>ère</sup> année, b : 2<sup>ème</sup> année).

### 3.2.3.2-Le poids de mille grains

S'agissant du poids de mille grains, les résultats reportés dans le tableau 3.7, font ressortir l'effet important des génotypes avec des différences perceptibles entre les deux années de suivi. Cependant Acalou a eu le meilleur poids de mille grains durant la 1<sup>ère</sup> année. A l'inverse, aucun effet n'est signalé de la part des doses d'azotes ; contrairement à leurs interactions avec les génotypes ou nous avons enregistré un gain pour la dose D<sub>3</sub> interférée avec le génotype Acalou (Tableau 3.8).

Les moyennes relevées en 2<sup>ème</sup> année ont connu une forte régression par rapport à celles de la 1<sup>ère</sup> année au niveau des génotypes ; ils ont pris presque le même ordre de classement.

**Tableau 3.7 : Nombre moyen du grains /épi et du poids de mille grains**

Nombre de grains/épi				Le poids de mille grains en (g)			
Effet de génotype				Effet de génotype			
1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année	
génot	moy	génotype	moy	génoty	moy	génoty	moy
AR	46.97	AR	34.20	AC	36.51	AC	24.24
EX	43.53	EX	32.81	N	35.22	N	23.45
AC	42.56	N	25.35	G	32.19	G	23.07
N	37.74	AC	25.02	AR	29.77	H	22.74
H	36.87	H	22.59	EX	29.40	AR	21.50
G	31.76	G	20.98	H	28.90	EX	21.41

Les valeurs moyennes des interactions des deux facteurs (génotypes, dose d'azote) reportées dans le tableau 3.8, montrent l'effet important des apports azotés sur l'expression des génotypes; les introduits en particulier dont leurs poids de mille grains étaient en égalité avec les témoins locaux. Les doses d'azote n'ont donné qu'un léger effet comparé à celui de ses interactions avec les génotypes.

**Tableau 3.8 : Nombre moyen de grains /épi et le poids de mille grains sous l'interaction du génotype avec la dose d'azote**

Nombre de grains/épi				Le poids de mille grains en (g)			
Effet de l'interaction génotype*dose				Effet de l'interaction génotype*dose			
1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année	
geno*dose	moy	geno*dose	moy	geno*dose	moy	geno*dose	moy
AR*D <sub>3</sub>	59.07	AR*D <sub>1</sub>	39.60	AC*D <sub>3</sub>	38.08	N*D <sub>0</sub>	28.15
AR*D <sub>1</sub>	49.93	EX*D <sub>2</sub>	37.60	AC*D <sub>2</sub>	37.63	H*D <sub>2</sub>	27.83
AC*D <sub>3</sub>	46.35	AR*D <sub>3</sub>	35.85	N*D <sub>1</sub>	37.11	AC*D <sub>1</sub>	27.66
EX*D <sub>2</sub>	45.90	EX*D <sub>1</sub>	30.50	G*D <sub>3</sub>	36.83	G*D <sub>2</sub>	27.05
H*D <sub>2</sub>	40.57	G*D <sub>3</sub>	29	G*D <sub>0</sub>	34.97	AR*D <sub>2</sub>	25.72
G*D <sub>3</sub>	30.25	N*D <sub>1</sub>	26.40	H*D <sub>2</sub>	31.36	EX*D <sub>3</sub>	25.34

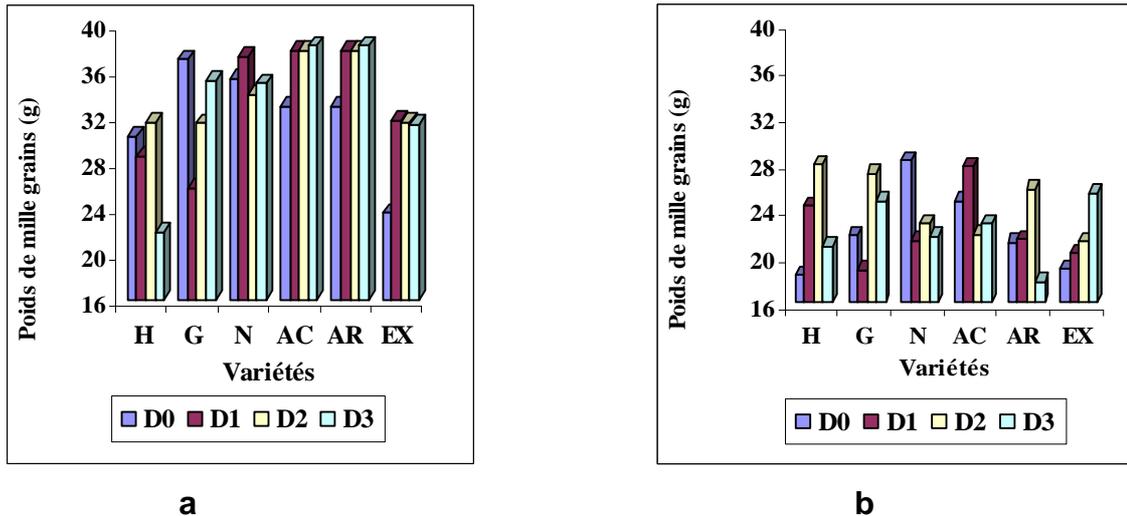


Figure 3.14 : Le poids de mille grains en fonction des génotypes durant les deux années de culture (a : 1<sup>ère</sup> année, b : 2<sup>ème</sup> année).

### 3.2.3.3-Le rendement en grains

Les valeurs moyennes enregistrées durant la 1<sup>ère</sup> année sont avérées plus élevées que celles enregistrées en 2<sup>ème</sup> année. Le génotype Acalou, la dose D<sub>3</sub> et ses interactions avec l'ensemble des génotypes notamment les importés ont eu les meilleures moyennes (Tableau 3.9).

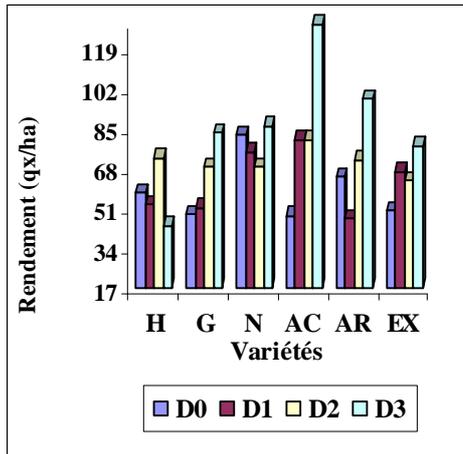
Une forte régression du rendement est observée en 2<sup>ème</sup> année pour tous les génotypes mais toujours avec gain prononcé pour les génotypes introduits dont Excalabur a eu le rendement le plus élevé.

Tableau 3.9 : Nombre moyen de rendement sous l'effet de génotype

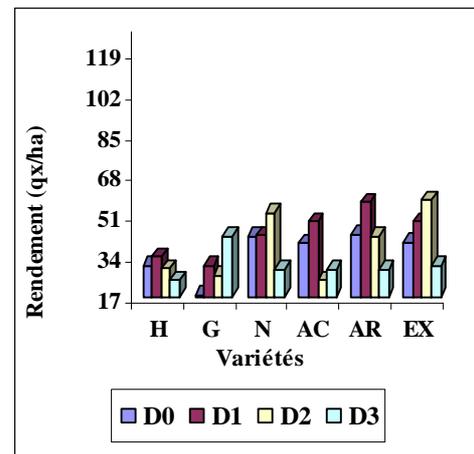
Rendement en qx/ha			
Effet de génotype			
1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>e</sup> <sup>me</sup> année	
Var	moy	Var	moy
AC	84.28	EX	43.77
N	77.79	AR	42.44
AR	69.68	N	41.14
EX	64.03	AC	34.86
G	62.67	G	28.94
H	56.30	H	28.94

En outre les meilleurs rendements pour les doses d'azote et leurs interactions ont été obtenus au niveau de la dose D<sub>1</sub> et chez le génotype Excalibur interféré à la dose D<sub>2</sub> (Appendice C).

Il est à noter que le génotype Guemgoum combiné à la dose D<sub>3</sub> avait un gain du rendement qui en égalité avec celui des génotypes importés durant la 1<sup>ère</sup> année et en les dépassant pendant la 2<sup>ème</sup> année.

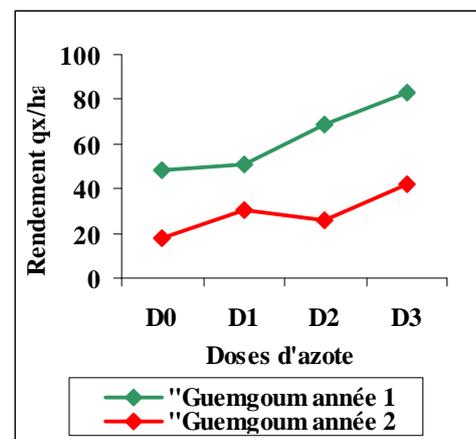
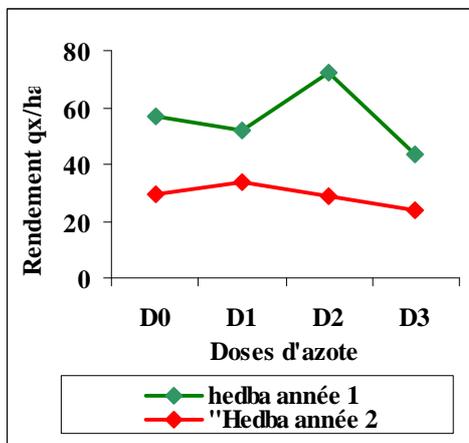


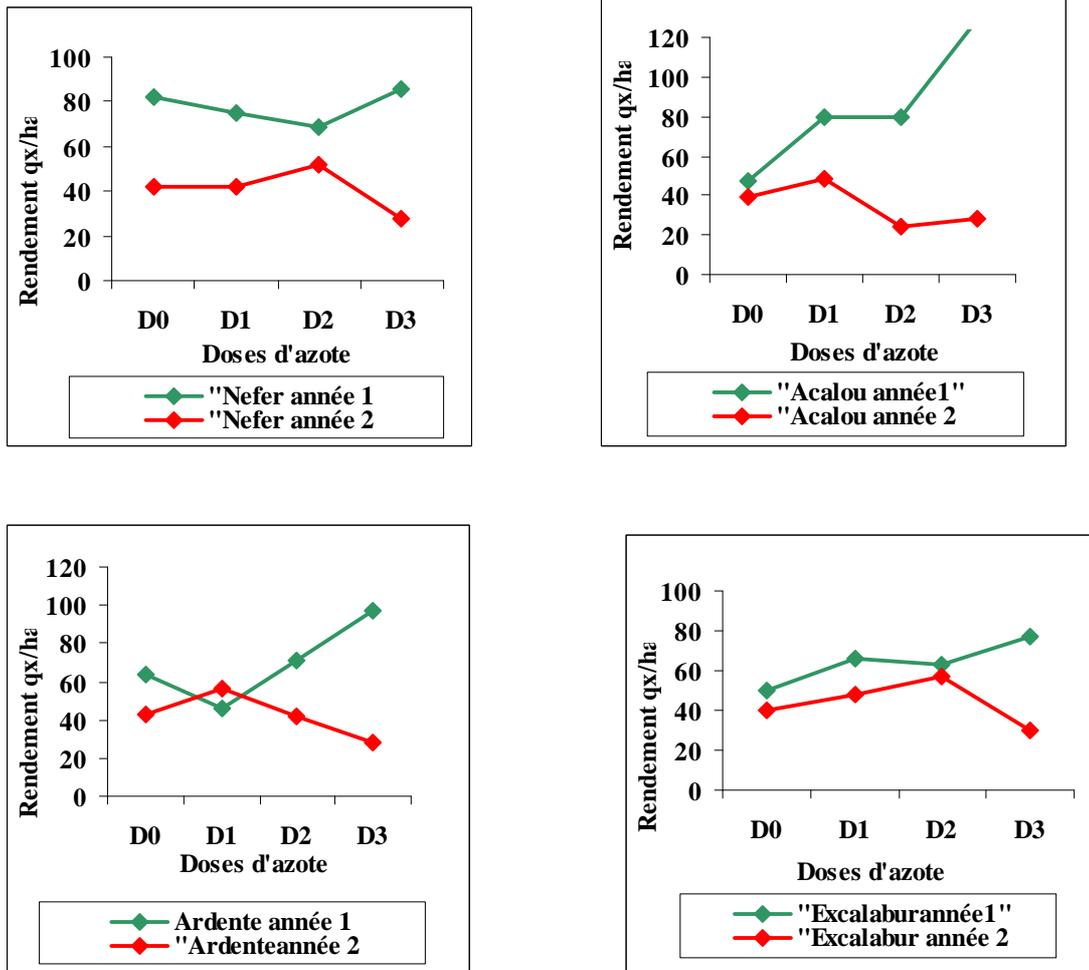
a



b

Figure 3.15 : Le rendement en grains en fonction des génotypes durant les deux années de culture (a : 1<sup>ère</sup> année, b : 2<sup>ème</sup> année).





**Figure 3.16 : L'évolution du rendement en grains chez les génotypes durant les deux années de culture.**

### **Conclusion**

L'ensemble des résultats obtenus pour le rendement en grains et ses deux composantes, le nombre de grains par épi et le poids de mille grains ont mis la lumière sur une forte variabilité de l'expression des génotypes entre les deux années de culture. En effet, la 1<sup>ère</sup> année a connu une supériorité des génotypes et leurs interactions avec les doses d'azote, notamment les introduits avec Ardente associé à la dose D<sub>3</sub> pour le nombre de grains par épi ; Acalou associé à la dose D<sub>3</sub> pour le poids de mille grains et le rendement en grains.

A l'inverse, une régression des valeurs moyennes du rendement en grains avec ses deux composantes a marqué la 2<sup>ème</sup> année, mais en gardant toujours le

même ordre de classement signalé en 1<sup>ère</sup> année pour les génotypes et leurs interactions avec les doses d'azote.

De plus le génotype local Guemgoum a donné un bon rendement au cours des deux campagnes en interférant avec la dose D<sub>3</sub>.

### **3.2.4-Etude de corrélations**

#### **3.2.4.1-Les corrélations entre le rendement et les stades phénologiques**

Les matrices de corrélation mises en évidence pour les deux années de culture, engendrent des coefficients forts à très faibles selon la durée des stades phénologiques, le cycle végétatif et l'expression des génotypes étudiés en terme de rendement en grains (Appendice D).

Pour les génotypes locaux, les plus fortes corrélations sont celles qui s'établissent positivement durant la 2<sup>ème</sup> année chez Guemgoum entre le rendement et la durée des stades, semis -levée, levée -tallage, montaison - épiaison et entre les stades levée- tallage, tallage-montaison, montaison-épiaison chez Hedba. A l'inverse aucune corrélation n'est signalée au cours de la 1<sup>ère</sup> année chez ce dernier génotype sauf des corrélations positives consignées pour les stades, levée- tallage, tallage- montaison et montaison- épiaison chez Guemgoum.

De même, une forte variabilité est enregistrée dans les coefficients de corrélation durant les deux campagnes entre le rendement et la durée des stades phénologiques chez les génotypes introduits. Toutefois, les plus importants sont ceux de la 2<sup>ème</sup> année qui relient positivement le rendement et les stades ; levée-tallage, montaison- épiaison, épiaison- floraison chez Nefer ; épiaison -floraison, floraison -maturité chez Acalou ; semis-levée, levée - tallage, tallage-montaison, montaison -épiaison chez Ardenté ; le stade semis -levée chez Excalabur.

La variabilité paraît être accentuée durant la 1<sup>ère</sup> année où les génotypes n'ont présenté des corrélations positives qu'avec le stade tallage- montaison chez Ardenté, floraison- maturité chez Nefer et Excalabur ; d'autre négative avec la durée du stade épiaison- floraison chez Acalou.

Concernant la durée du cycle végétatif, des liens négativement forts sont à signaler entre le rendement et le cycle végétatif des génotypes ; Hedba, Acalou d'autres sont positifs chez Guemgoum et Excalabur durant la 1<sup>ère</sup> campagne.

Cependant, aucune corrélation significative n'est révélée chez les génotypes Hedba et Acalou durant la 2<sup>ème</sup> campagne ; autres sont apparues positives chez les génotypes Excalabur et Guemgoum et négative chez le génotype Nefer.

### **Conclusion**

Une forte variabilité est enregistrée au niveau des corrélations établies entre le rendement et la durée des stades phénologiques entre les deux années de culture. Les coefficients relevés en 2<sup>ème</sup> année reflètent l'existence des liens forts importants chez tous les génotypes étudiés, à l'inverse de ceux de la 1<sup>ère</sup> année.

L'élaboration du rendement en grains est fortement influencé par la durée du cycle végétatif chez les génotypes Guemgoum et Excalabur durant les deux campagnes. Par contre, les liens qui sont apparus négativement forts en 1<sup>ère</sup> année chez Hedba et Acalou et non significatif chez Nefer ; ils sont apparus non significatifs chez Hedba et Acalou et négatif chez Nefer au cours de la 2<sup>ème</sup> année.

#### **3.2.4.2-Rendement –talles herbacées**

S'agissant des liens établis entre le rendement en grains et le nombre de talles herbacées, des coefficients positivement forts sont décelés au cours de la 1<sup>ère</sup> année chez les génotypes locaux et importés (Appendice D). A l'inverse, aucune corrélation n'est apparue significative au cours de la 2<sup>ème</sup> année. L'étude des régressions corrobore les résultats obtenus. En effet, des fortes liaisons de 57.81 % à 84.55 % sont obtenues pour les doses D<sub>1</sub> et D<sub>2</sub> chez Hedba et Guemgoum ; de 45.93 % à 79.14 % pour les doses D<sub>2</sub> et D<sub>3</sub> chez Excalabur et Nefer; 49.07 % pour la dose D<sub>3</sub> chez Ardenté et 87.68 % au niveau de la D<sub>3</sub> et la D<sub>1</sub> Chez Acalou.

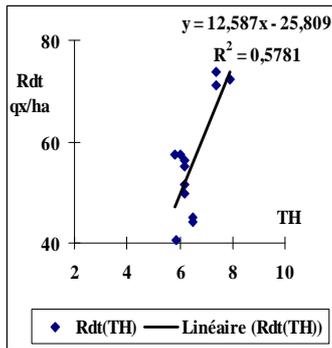
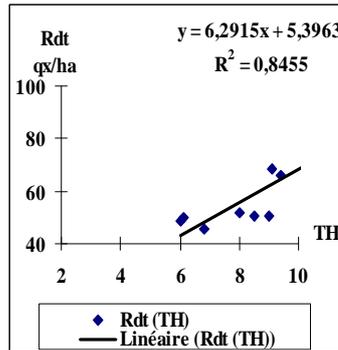
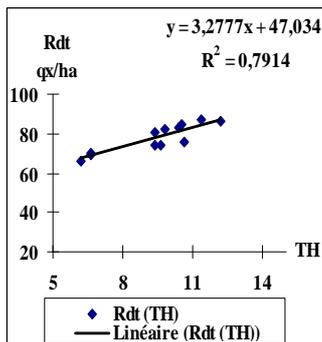
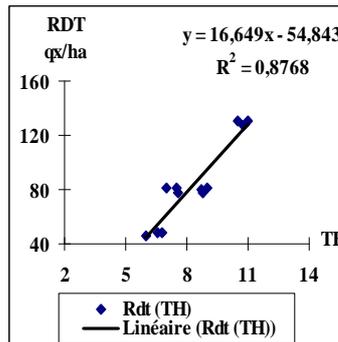
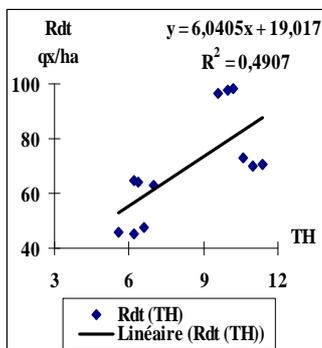
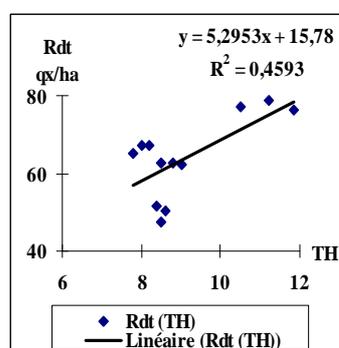
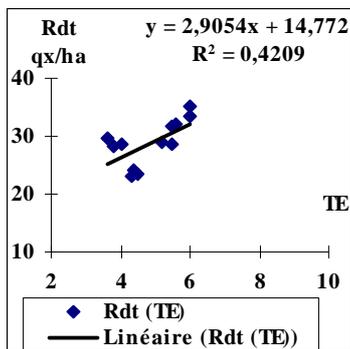
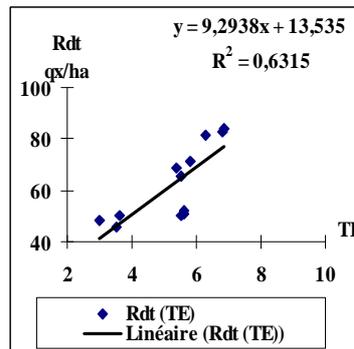
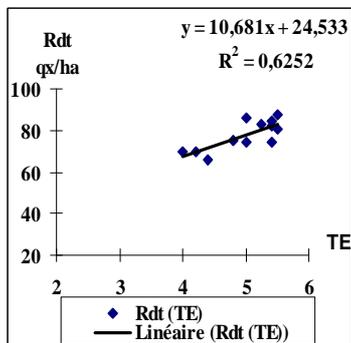
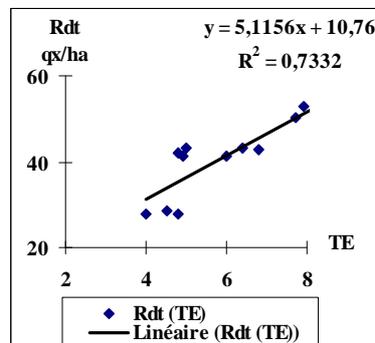
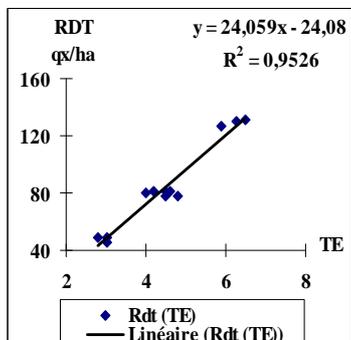
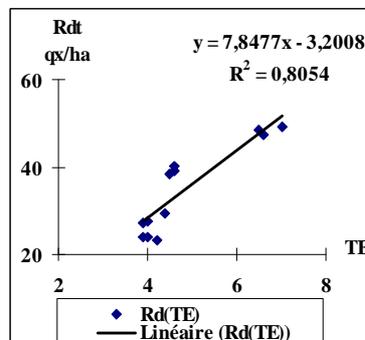
Hedba (1<sup>ère</sup> année)Guemgoum (1<sup>ère</sup> année)Nefer (1<sup>ère</sup> année)Acalou (1<sup>ère</sup> année)Ardenté (1<sup>ère</sup> année)Excalabur (1<sup>ère</sup> année)

Figure 3.17 : Courbes de régression du rendement en grains en fonction du nombre de talles herbacées.

### 3.2.4.3-Rendement –talles épiées

Les liens existaient entre le rendement en grains et le nombre de talles épiées sont apparus positifs chez les génotypes importés au cours des deux années de culture (Appendice D). Par contre, une corrélation positive est relevée

en 1<sup>ère</sup> année chez le génotype Guemgoum et une autre en 2<sup>ème</sup> année chez le génotype Hedba. Les courbes de régression ont évalué ces liens à 42.09% pour la dose D<sub>1</sub> chez Hedba en 2<sup>ème</sup> année, 63.15% pour la dose D<sub>1</sub> et D<sub>2</sub> chez Guemgoum en 1<sup>ère</sup> année, 62.52 % et 73.32 % successivement de la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>ème</sup> année pour les dose D<sub>3</sub> et D<sub>2</sub> chez Nefer, 95.26 % pour la dose D<sub>3</sub> et D<sub>2</sub> en 1<sup>ère</sup> année et 80.54 % pour la dose D<sub>1</sub> et D<sub>3</sub> en 2<sup>ème</sup> année chez le génotype Acalou ;44.7% à 34.85 % pour la dose D<sub>2</sub> durant les deux campagnes chez Ardenté et 50.54 % en 1<sup>ère</sup> année à 71.11 % en 2<sup>ème</sup> année pour la dose D<sub>3</sub> et D<sub>1</sub> chez Excalabur.

Hedba (2<sup>ème</sup> année)Guemgoum (1<sup>ère</sup> année)Nefer (1<sup>ère</sup> année)Nefer (2<sup>ème</sup> année)Acalou (1<sup>ère</sup> année)Acalou (2<sup>ème</sup> année)

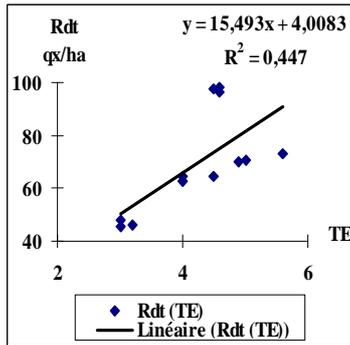
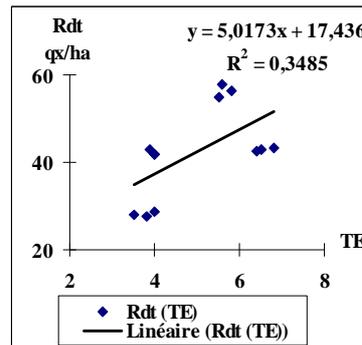
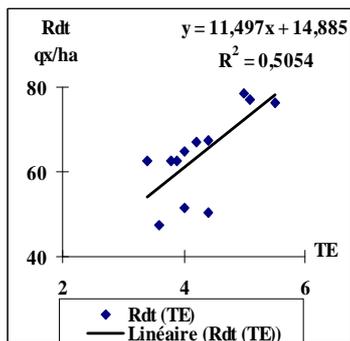
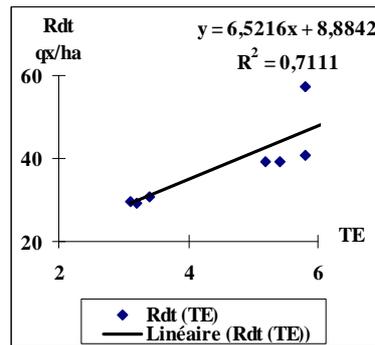
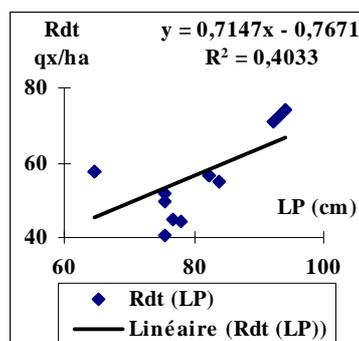
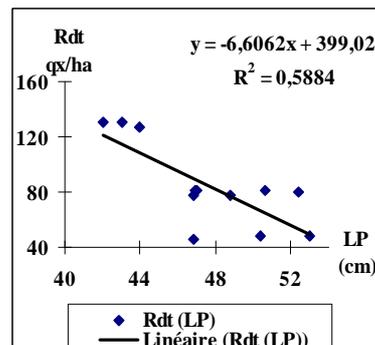
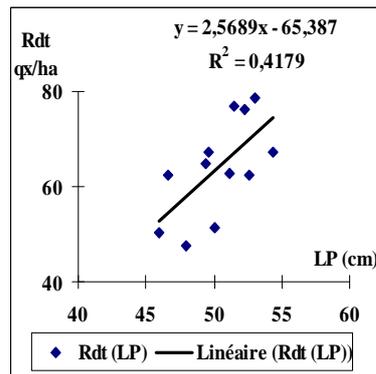
Ardenté (1<sup>ère</sup> année)Ardenté (2<sup>ème</sup> année)Excalabur (1<sup>ère</sup> année)Excalabur (2<sup>ème</sup> année)

Figure 3.18 : Courbes de régression du rendement en grains en fonction du nombre de talles épiées.

### 3.2.4.4-Rendement –hauteur de la paille

L'examen des matrices de corrélation (Appendice D) entre le rendement et la hauteur de la paille ne fait apparaître qu'une liaison positive chez Hedba et Excalabur à côté d'une autre négative chez Acalou au cours de la 1<sup>ère</sup> année seulement. Ces liaisons sont expliquées avec des pourcentages de 40.33 % et 41.79 % pour la dose D<sub>1</sub> et D<sub>2</sub> chez Hedba et Excalabur et 58.84 % pour la dose D<sub>1</sub> et D<sub>2</sub> chez Acalou.

Hedba (1<sup>ère</sup> année)Acalou (1<sup>ère</sup> année)

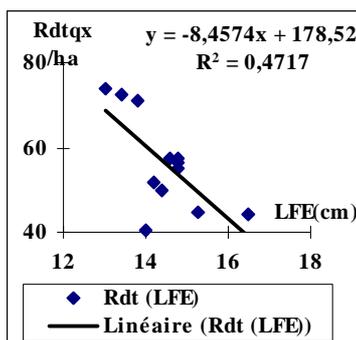


**Excalibur (1<sup>ère</sup> année).**

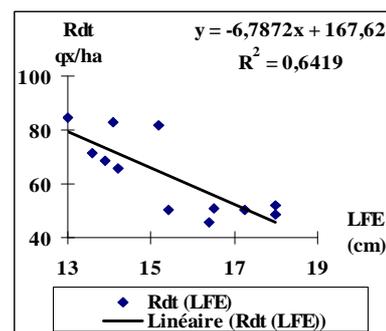
**Figure 3.19 : Les courbes de régression du rendement en grains en fonction de la hauteur de la paille.**

### **3.2.4.5-Rendement –longueur de la feuille étendard**

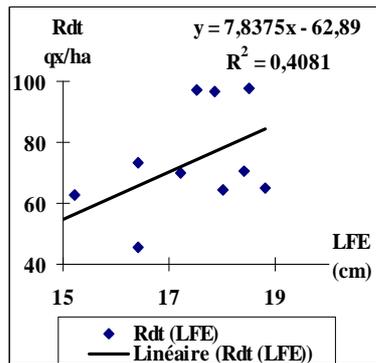
Hormis les géotypes Hedba et Guemgoum qui ont présenté des corrélations négatives avec une autre positive chez Ardenté durant la 1<sup>ère</sup> année, il ne semble pas y avoir des corrélations importantes entre le rendement et la longueur de la feuille étendard durant la 2<sup>ème</sup> année. En effet, les liens existants sont expliqués selon les modèles linéaires avec des pourcentage de 47.17 % pour la dose D<sub>0</sub> et D<sub>3</sub> chez Hedba, 64.41 % pour la dose D<sub>0</sub> et D<sub>1</sub> chez Guemgoum et 40.81 % pour la dose D<sub>2</sub> chez Ardenté.



**Hedba (1<sup>ère</sup> année)**



**Guemgoum (1<sup>ère</sup> année)**

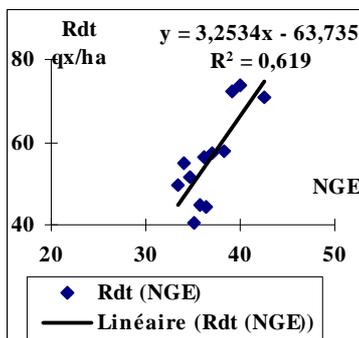


**Ardenté (1<sup>ère</sup> année)**

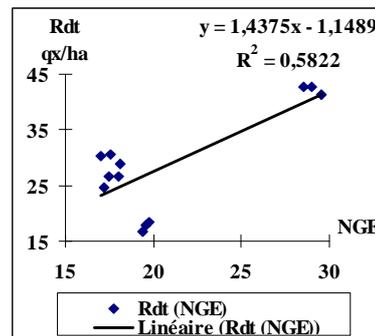
**Figure 3.20 : Les courbes de régression du rendement en grains en fonction de la longueur de la feuille étandard.**

### **3.2.4.6-Rendement –nombre de grains par épi**

Les matrices de corrélation établie entre le rendement et le nombre de grains par épi génèrent une forte variabilité dans le comportement des génotypes entre les deux années de suivi. Alors que des corrélations positives sont manifesté chez Hedba, Acalou, une autre est apparue négative chez Excalabur en 1<sup>ère</sup> année. En outre les deux génotypes Guemgoum et Excalabur ont présenté des corrélations positives au cours de la 2<sup>ème</sup> année. De ce fait les régressions linéaires ont expliqué ces liaisons à 61.9 % chez le génotype Hedba associé à la dose D<sub>3</sub> et la dose D<sub>1</sub>, 58.22 % en interférant avec la dose D<sub>3</sub> et la D<sub>2</sub> chez Guemgoum, 35.47 % avec la dose D<sub>2</sub> et D<sub>3</sub> chez Acalou et 47.1 % chez Excalabur en 2<sup>ème</sup> année pour la dose D<sub>2</sub>.



**Hedba (1<sup>ère</sup> année)**



**Guemgoum (2<sup>ème</sup> année)**

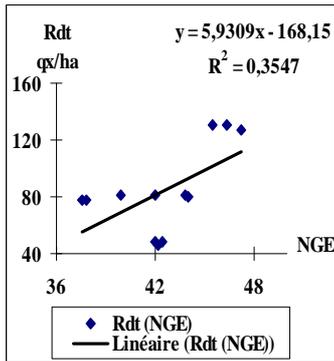
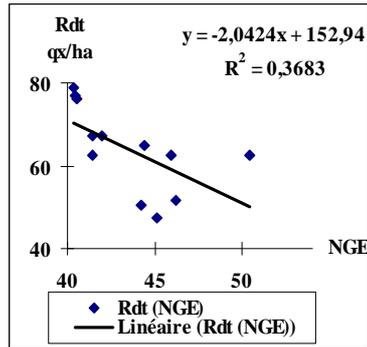
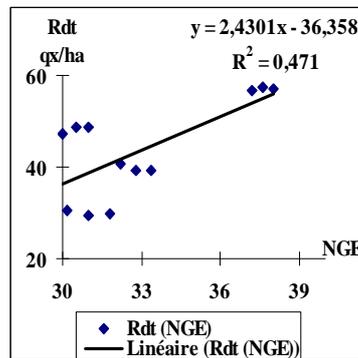
Acalou (1<sup>ère</sup> année)Excalabur (1<sup>ère</sup> année)Excalabur (2<sup>ème</sup> année)

Figure 3.21 : Les courbes de régression du rendement en grains en fonction du nombre de grains par épi

### 3.2.4.7-Rendement –Poids de mille grains

Les coefficients de corrélation obtenus reflètent une importance moins perceptible des liens qui existaient entre l'élaboration du rendement et le poids de mille grains. Ainsi trois génotypes seulement ont présenté des liens positivement forts au cours de la 1<sup>ère</sup> année (Hedba, Acalou et Excalabur) et deux génotypes au cours de la 2<sup>ème</sup> année ; l'un avec un lien positif (Acalou) et l'autre avec un lien négatif (Excalabur). Cependant, les régressions linéaires ne retiennent qu'un pourcentage de 53.37% pour la dose D<sub>3</sub> et la dose D<sub>1</sub> chez Hedba, 44 % à 94.69 % successivement de la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>ème</sup> année pour la dose D<sub>3</sub> et D<sub>1</sub> chez Acalou, 60.39 % pour la dose D<sub>1</sub> et D<sub>2</sub> chez Excalabur au cours de la 1<sup>ère</sup> année.

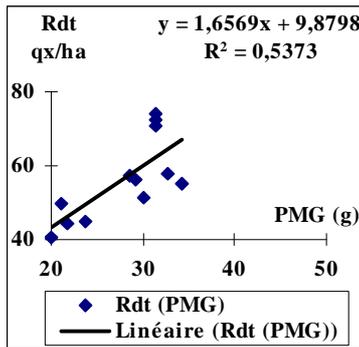
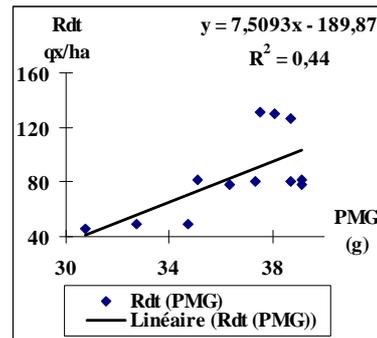
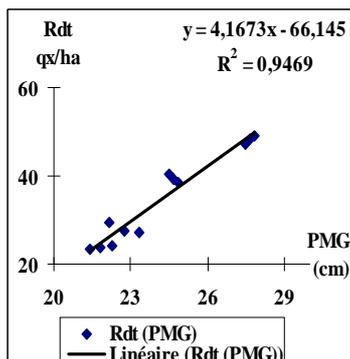
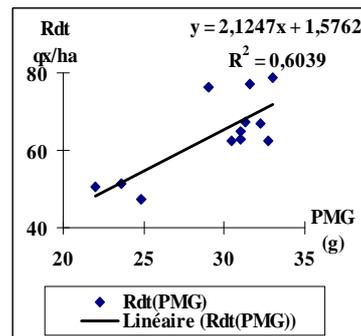
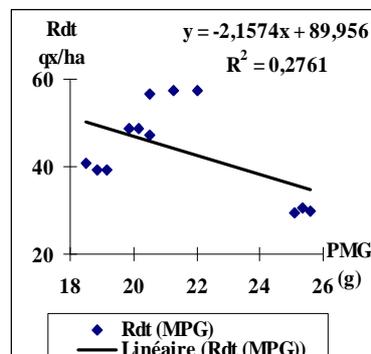
Hedba (1<sup>ère</sup> année)Acalou (1<sup>ère</sup> année)Acalou (2<sup>ème</sup> année)Excalabur (1<sup>ère</sup> année)Excalabur (2<sup>ème</sup> année)

Figure3.22 : Les courbes de régression du rendement en grains en fonction du poids de mille grains.

### Conclusion

L'étude des matrices de corrélation du rendement en grains avec les caractères morphologiques et les composantes principales, le nombre de grains par épi et le poids de mille grains montre une forte variabilité annuelle et interannuelle dans le comportement des géotypes. S'agissant du nombre de talles herbacées, des corrélations importantes sont décelées uniquement dans la

1<sup>ère</sup> campagne au niveau des doses D<sub>1</sub> et D<sub>2</sub> chez les génotypes locaux et les doses D<sub>3</sub> et D<sub>1</sub> chez les génotypes importés.

De même, des liens perceptibles sont établis entre le rendement et le nombre de talles épiées au cours des deux années chez les génotypes importés au niveau de la dose D<sub>3</sub> chez Guemgoum au cours de la 1<sup>ère</sup> année et au niveau de la dose D<sub>1</sub> chez Hedba au cours de la 2<sup>ème</sup> année.

Aucune corrélation n'est signalée entre le rendement et la hauteur des plantes, hormis les génotypes Hedba et Excalabur pour les doses D<sub>1</sub> et D<sub>2</sub> en 1<sup>ère</sup> année.

Des liaisons négatives sont établies entre la longueur de la feuille étendard et le rendement en grains durant la 1<sup>ère</sup> année chez les génotypes locaux pour la dose D<sub>3</sub> et une autre positive chez le génotype Ardenté pour la dose D<sub>1</sub>.

Il est à noter qu'une forte corrélation entre le rendement en grains et le nombre de grains par épi est révélé au niveau de la Dose D<sub>3</sub> chez les génotypes Hedba et Acalou en 1<sup>ère</sup> année ; Guemgoum et Excalabur en 2<sup>ème</sup> année.

Des corrélations positives sont enregistrées entre le poids de mille grains et le rendement en grains chez Hedba et Acalou de la 1<sup>ère</sup> année pour la dose D<sub>3</sub> et Excalabur pour la dose D<sub>2</sub> ; Acalou pour la dose D<sub>3</sub> en 2<sup>ème</sup> année.

En effet les matrices de corrélations au sein de chaque génotype étudié (Appendice D) génèrent des relations importantes entre le rendement et ces composantes principales d'une part, les caractères morphologiques liés à ces dernières et les stades phénologiques d'une autre part.

### **3.2.5-Discussion**

L'analyse de la variance, le regroupement d'essais, les corrélations et les courbes de régression révèlent une grande variabilité dans la réponse des génotypes à l'égard de leur milieu d'implantation, en se traduisant par une forte variation quantitative dans l'élaboration du rendement et ses paramètres associés. GUENOCHÉ et al (1994), considèrent que, l'interprétation des données issues d'essais de génotypes, se heurte souvent aux interactions génotypes - milieu, dont elles ne deviennent vraiment pertinentes que lorsqu'elles impliquent des changements de classement d'un essai à l'autre.

De ce fait, nous avons jugé utile de déterminer l'effet causal qu'on a supposé parmi les trois hypothèses suivantes :

- L'effet purement génotype (lié à la variété) ;
- Les fortes fluctuations des conditions de milieu (climatiques et /ou édaphiques) ;
- L'existence d'un système de compensation au niveau de la plante qui couvrira tout dysfonctionnement dans l'élaboration d'un caractère ou d'autre.

Rappelons que notre étude a porté sur six génotypes de blé dur ; deux génotypes locaux à paille haute (Hedba, Guemgoum) et quatre génotypes importés nains (Nefer, Acalou, Ardenté, Excalabur), traités avec quatre doses d'azote ; la dose  $D_1$  est apportée pendant le semis ; la dose  $D_2$  pendant la montaison ; la dose  $D_3$  fractionnée en trois apports, le premier est apporté pendant le semis ; le deuxième pendant le tallage ; le troisième pendant la montaison.

Il semble que, qu'elle soit l'année, la durée en jour du cycle végétatif et des stades phénologiques est un caractère lié au génotype.

S'agissant de la durée du cycle végétatif, les génotypes locaux (tardifs) avaient la plus longue durée par rapport aux génotypes introduits. Des différences de comportement sont notées durant les deux années, notamment la 2<sup>ème</sup> année qui a connu une faible pluviométrie et une forte sécheresse en fin du cycle ; des génotypes comme Acalou et Ardenté connus par leur précocité ont été moins affectés que d'autres par l'échaudage qui influe sur le poids de mille grains.

De plus, la faible différence en nombre de jours observée au niveau de la dose  $D_3$  pour les deux campagnes serait due à la quantité et la période d'apport d'azote, qui pourraient intensifier les réactions métaboliques en se traduisant par une production végétative intense.

Hormis les deux génotypes Guemgoum et Excalabur, il ne semble pas y avoir de corrélations importantes entre le rendement en grains et la durée du cycle végétatif.

En effet la durée du cycle végétatif prolongée chez le génotype Excalabur par rapport aux autres génotypes importés précoces et écourtée chez le génotype Guemgoum par rapport aux génotypes locaux tardifs aurait contribué à épargner ces deux génotypes des aléas climatiques (les gels printaniers, la sécheresse en fin du cycle) et améliorer le rendement en grains.

Concernant la durée des stades phénologiques, les périodes semis -levée et levée tallage étaient presque les mêmes pour tous les génotypes durant les deux années avec une légère différence d'un jour entre les génotypes locaux et importés pour le stade semis -levée de la 2<sup>ème</sup> année. Il est à noter que la dose D<sub>3</sub> serait responsable de l'étalement des stades semis –levée et levée-tallage de la 2<sup>ème</sup> année en raison de la quantité d'azote apportée au moment propice et en présence des conditions favorables en eau et en température.

Toutefois, la durée des stades tallage- montaison et montaison -épiaison paraît plus longue chez les génotypes locaux que celles relevées chez les importés pour les deux années. Un effet perceptible des doses d'azote notamment la dose D<sub>3</sub> et la dose D<sub>2</sub> est à noter pour le premier stade au cours des deux années et uniquement durant la 2<sup>ème</sup> année pour le deuxième. En effet c'est sur cette phase que dépend une des composantes de rendement, le nombre d'épis par mètre carré en raison de la quantité de la biomasse produite.

Concernant le stade épiaison- floraison, les génotypes ne semblent pas montrer de différences de comportement vis à vis des doses d'azote. Cependant la courte durée de cette période serait due aux températures élevées.

S'agissant du stade floraison-maturité, cette période est longue pour l'ensemble des génotypes mais d'autant plus longue chez les génotypes locaux. L'effet des apports azotés ne semble pas avoir d'incidence, cela est peut être due à la faible quantité d'azote apportée (13g / m<sup>2</sup> et 8g /m<sup>2</sup>).

Les fortes corrélations enregistrées seulement durant la 2<sup>ème</sup> année entre le rendement en grains et la durée des stades semis- levée et levée –tallage chez les génotypes Guemgoum et Ardenté et d'une importance moindre chez les autres génotypes

(Appendice D) mettent en cause le facteur limitant de cette période (semis-tallage) qu'est la température (vu la longue période de gels). La variabilité interannuelle des rendements est due à la phase d'implantation et de tallage dont dépendent le nombre et l'état de développement de la plante à la sortie de l'hiver [43].

Une corrélation observée durant les deux années de culture entre le rendement en grains et les stades tallage -montaison et montaison -épiaison chez les génotypes locaux (Hedba et Guemgoum) et le génotype Ardenté, indique que le nombre de talles épiées était plus important, en leur permettant de compenser tout déficit dans les autres caractères.

Hormis Nefer et Excalibur de la 1<sup>ère</sup> année et Acalou de la 2<sup>ème</sup> année, aucune corrélation n'est signalée entre le rendement en grains et la durée du stade floraison-maturité.

CLEMENT et PRATS (1971), considèrent que la puissance de tallage est un caractère variétal ; mais en dehors de la variété, le tallage dépend de la fumure azotée, de la date du semis et de la température qui conditionne la durée de la période de tallage et finalement son influence décisive sur le rendement.

En effet, le nombre de talles herbacées était plus élevé chez les génotypes introduits que les locaux pour les deux années, notamment la 2<sup>ème</sup> année avec un gain marqué chez les génotypes Nefer ; Excalibur et Guemgoum associés à la dose D<sub>3</sub> au cours de la 1<sup>ère</sup> année et au niveau des doses D<sub>1</sub> et D<sub>2</sub> durant la 2<sup>ème</sup> année. La bonne expression des génotypes en terme de talles herbacées élevées au niveau des doses D<sub>1</sub> et D<sub>2</sub> serait due aux conditions climatiques (température), à la teneur du sol en azote et la précocité des génotypes dans la détermination du nombre de talles émises par plante [43]. Il est à remarquer que, dans les conditions de sécheresse le génotype local Guemgoum s'est comporté comme étant un génotype amélioré (forte tolérance et/ou résistance à la sécheresse) avec une meilleure efficacité de l'eau [30].

De même, les meilleurs résultats pour le nombre de talles épiées obtenus chez Guemgoum combiné à la dose D<sub>3</sub> pour la 1<sup>ère</sup> campagne et Nefer combiné à la dose D<sub>2</sub> pour la 2<sup>ème</sup> campagne ne reflètent que ce que a été consigné pour le nombre de talles herbacées ; le nombre de talles épiées dépend de la période de tallage- montaison; si le nombre de talles herbacées est élevé, il y aura plus de chance d'avoir de talles épiées [63], [30] et [64].

Etant donné que les génotypes introduits sont connus par leur capacité élevée de tallage herbacé et par la suite de talles épiées, par rapport à celle des locaux, l'apport azoté au moment propice a compensé la différence. L'égalité des moyennes entre les interactions Guemgoum\*D<sub>3</sub> et Nefer\*D<sub>2</sub> ne peut qu'accroître l'hypothèse de BOUZERZOUR et al (1991), qui supposent que la variation du nombre d'épis/m<sup>2</sup> en fonction des années et des lieux plutôt qu'en fonction des variétés pour une même année.

De plus, le meilleur ratio talles épiées / talles herbacées est obtenu chez le génotype Hedba en interférant avec la dose D<sub>2</sub> suivie par Acalou combiné à la dose D<sub>3</sub> durant la 1<sup>ère</sup> année. En effet, l'apparition d'un déficit hydrique et une augmentation marquée de la température au stade montaison a réduit le nombre de talles épiées durant la 2<sup>ème</sup> année bien que le nombre de talles herbacées est élevé. A l'inverse, la 1<sup>ère</sup> année a connu des conditions climatiques plus clémentes et par conséquent un meilleur ratio talles épiées /talles herbacées.

Les fortes corrélations obtenues entre le nombre de talles herbacées et le rendement en grains seulement au cours de la 1<sup>ère</sup> année au niveau de la dose D<sub>1</sub> et D<sub>2</sub> chez l'ensemble des génotypes et celles consignées entre le rendement en grains et le nombre de talles épiées notamment chez les génotypes introduits pour les deux années au niveau de la dose D<sub>3</sub>, montrent que les variations de la production sont en majeure partie créées avant la floraison chez tous les génotypes étudiés. Durant la 2<sup>ème</sup> année les coefficients de corrélations s'avèrent insignifiants pour le nombre de talles herbacées. Cette déficience a été compensée par l'obtention d'un taux élevé de talles épiées en induisant ainsi à une forte liaison avec le rendement en grains.

L'importance des caractères morphologiques (la longueur de la paille, et les organes d'interception de la lumière ; la longueur de la feuille étandard et la longueur du col de l'épi) à l'égard du rendement ne peut être révélé que dans les conditions difficiles. Les moyennes les plus élevées concernant la longueur de la paille ont été enregistrés chez les témoins locaux durant la 1<sup>ère</sup> année avec la dose D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> et la D<sub>3</sub> chez le génotype Hedba et la dose D<sub>1</sub> chez le génotype Guemgoum. Ces valeurs ont fortement régressé au cours de la 2<sup>ème</sup> année. Cette baisse serait probablement due à un excès thermique suivi d'un déficit hydrique enregistrés dans la période qui correspond au stade tallage –montaison et montaison-épiaison de la 2<sup>ème</sup> année. Il paraît qu'il a contribué à la diminution de l'absorption azotée [43].

De même, la forte et positive corrélation enregistrée entre le rendement en grains et la hauteur de la plante chez Excalabur de la 1<sup>ère</sup> année au niveau de la dose D<sub>2</sub>, ne peut refléter que l'effet de l'azote dans le développement des génotypes nains et par la suite leur bonne efficience à la lumière en faveur du rendement en grains.

Toutfois, la corrélation négative enregistrée avec la hauteur de la plante chez le génotype Acalou ne serait expliquée que par la supériorité des génotypes locaux en terme de fertilité des fleurs basales; ROYO et al (2002), ont montré qu'une différence de fertilité a été soulignée entre les génotypes locaux et les génotypes porteurs de gènes de nanismes, la supériorité des génotypes locaux est due à une moindre mortalité des fleurs surtout de la partie basale de l'épi.

DESCIAUX (2005), considère que les dernières feuilles sont les plus importantes car c'est grâce à leur activité photosynthétique et à la migration de leurs réserves que sera assuré le grossissement du grain. Leur développement est donc primordial pour le rendement en grains. Des différences de comportement ont été signalées chez les génotypes suite à une variation dans les conditions de milieu pour les deux années. Le meilleur résultat pour la longueur de la feuille étendard a été obtenu chez Ardenté associée à la dose D<sub>3</sub> au cours de la 1<sup>ère</sup> année seulement. La baisse de la longueur de la feuille étendard en 2<sup>ème</sup> année serait due à un déficit d'alimentation en eau suite aux températures élevées et en azote absorbé par la plante.

Des corrélations négatives sont enregistrées chez les génotypes locaux et une autre positive chez Ardenté entre la longueur de la feuille étendard et le rendement en grains. En effet, ARAUS et al (2002), ont déduit que la dernière feuille a été prévue pour avoir comme conséquence un plus grand rendement en grains dans les environnements où les pluies sont fréquentes juste après le semis.

S'agissant de la longueur du col de l'épi, les résultats obtenus durant les deux campagnes ont montré des différences de comportement chez les génotypes importés avec un gain prononcé pour les locaux notamment pour la dose D<sub>1</sub> et D<sub>2</sub>. La variation consignée entre les deux campagnes ne reflète que la forte variabilité climatique qui a fortement influencée les résultats de la 2<sup>ème</sup> année (excès thermique, déficit hydrique).

Toutefois, De meilleurs résultats pour le nombre de grains par épi sont obtenus chez les génotypes importés Ardenté, Excalibur et le génotype local Guemgoum pour les deux campagnes, combinés à la dose D<sub>3</sub> pour la première campagne ; la dose D<sub>1</sub> et la dose D<sub>2</sub> pour la deuxième campagne. La variation du

nombre de grains par épi est en fonction des variétés et des dates de semis plutôt qu'en fonction des années et lieux. Il est étroitement lié avec le rendement sous différents lieux et pour différents génotypes [64] et [30].

La 2<sup>ème</sup> année a connu une chute prononcée de cette composante ; la fertilité potentielle de l'épi dépend du nombre d'épillets et de fleurs qui sont susceptibles d'être élaborées. La formation de ces deux composantes s'échelonne sur une longue période qui va du stade double ride au stade floraison. Cette période est sensible à tout déficit hydrique [32]. L'excès thermique signalé durant la 2<sup>ème</sup> année au cours de la période qui correspond à la fécondation, a accentué l'avortement d'un certain nombre de fleurs par augmentation de l'évapotranspiration potentielle.

Paradoxalement, les basses températures consignées pendant la période qui a précédé l'épiaison et la floraison pendant la 1<sup>ère</sup> année, ont pu stimuler la fécondation par l'élévation du taux de germination du pollen d'où la fertilité de l'épi et par la suite l'accroissement du nombre de grains par épi. Ces résultats corroborent ceux de LETERME et al (1994).

L'accroissement du nombre moyen de grains par épi au niveau de la dose D<sub>3</sub> au cours de la 1<sup>ère</sup> année et la dose D<sub>1</sub> au cours de la 2<sup>ème</sup> année ne peut être expliqué que par l'augmentation du nombre des épis à ces niveaux d'azote. L'émergence du génotype Ardente, ce n'est qu'une expression purement génotypique, ce qui confirme l'hypothèse de DESCIAUX (2005).

De plus la forte corrélation signalée entre le rendement et le nombre de grains par épi chez les génotypes Hedba et Acalou au cours de la 1<sup>ère</sup> année ainsi que Guemgoum et Exacalabur au cours de la 2<sup>ème</sup> année, serait due au nombre élevé d'épillets par épi et d'épis fertiles qui dépend du nombre de plantes en sortie d'hiver, auquel il est étroitement lié. En effet le nombre de grains par épi est formé à un stade juvénile de la culture.

Le poids de mille grains (PMG) est généralement peu maîtrisable, car il est fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage des grains [30]. Il a été fortement influencé par l'effet des génotypes et leurs interactions avec les doses d'azote ou les deux génotypes importés Acalou et Nefer avaient les moyennes les plus élevées suivie par le génotype Guemgoum pour les deux campagnes. L'apport azoté s'est avéré bénéfique dans

l'accroissement du poids de mille grains notamment chez les géotypes importés qui ont presque le même poids de mille grains que les locaux durant la 2<sup>ème</sup> année et en les dépassant en 1<sup>ère</sup> année.

Une forte et positive liaison s'est établie entre le rendement en grains et ce paramètre chez les géotypes Hedba, Excalibur en 1<sup>ère</sup> année et Acalou au cours des deux campagnes. L'effet des variations climatiques entre les deux années a fortement influencé le poids de mille grains (AppendiceC). Ce dernier a été très affecté en 2<sup>ème</sup> année suite à un déficit hydrique enregistré au cours de la phase qui correspond au remplissage des grains. La rupture de l'alimentation en eau pendant cette période et les brusques élévations de la température ont ralenti la vitesse de migration des réserves vers le grain. Ces deux facteurs ont pénalisé le remplissage des grains, d'où le problème d'échaudage qui a fortement marqué la production en affectant l'ensemble des géotypes.

Il est à signaler que le poids de mille grains obtenu durant les deux campagnes est au dessus du potentiel des géotypes locaux qui ont toujours le PMG le plus élevé [65].

ACEVEDO et al (1991), considèrent que le rendement en grains est le produit de trois facteurs le nombre d'épis/m<sup>2</sup>, le nombre de grains/épi et le poids de mille grains, la modification d'un facteur du rendement sans variation compensatrice des autres, doit provoquer un changement de rendement en grains. En situation normale, il y a compensation entre les différents éléments du rendement.

Un accroissement important du rendement en grains est enregistré chez les géotypes introduits, notamment avec le géotype Acalou combiné à la dose D<sub>3</sub> au cours de la 1<sup>ère</sup> campagne.

Par ailleurs une forte régression du rendement est signalée durant la campagne suivante, mais toujours avec un gain marqué pour les géotypes importés dont Excalibur interféré à la dose D<sub>2</sub> a donné le meilleur rendement. Il est à noter qu'un gain acceptable est enregistré chez le géotype local Guemgoum combiné à la dose D<sub>3</sub>. Il paraît que la dose D<sub>3</sub> serait la dose d'azote la plus appropriée, vu les résultats obtenus.

La fluctuation des coefficients de corrélation entre le rendement en grains et ces composantes principales au cours des deux années de culture met en

évidence la grande action du milieu sur l'expression du génotype d'où une forte variabilité phénotypique.

### **3.3-Comportement des génotypes vis à vis de l'azote total assimilé**

#### **3.3.1-Analyse de l'azote total à la période floraison**

L'effet des génotypes, des apports azotés et de leurs interactions est apparu fort perceptible sur l'assimilation azotée à la période floraison au niveau de la paille, durant les deux campagnes. Concernant la 1<sup>ère</sup> campagne, les résultats reportés dans le tableau 3.10, montrent une teneur en azote total plus élevée chez les génotypes importés notamment Ardenté et Nefer, que celle enregistrée chez les génotypes locaux.

S'agissant des doses d'azote, la teneur en azote total la plus élevée est enregistrée au niveau de la dose D<sub>3</sub>. De plus, les meilleures valeurs moyennes pour les interactions génotypes doses d'azote sont obtenues chez les génotypes importés (Nefer, Acalou et Ardenté) combinés à la dose D<sub>3</sub> (tableau 3.10) suivie par les génotypes locaux Guemgoum et Hedba.

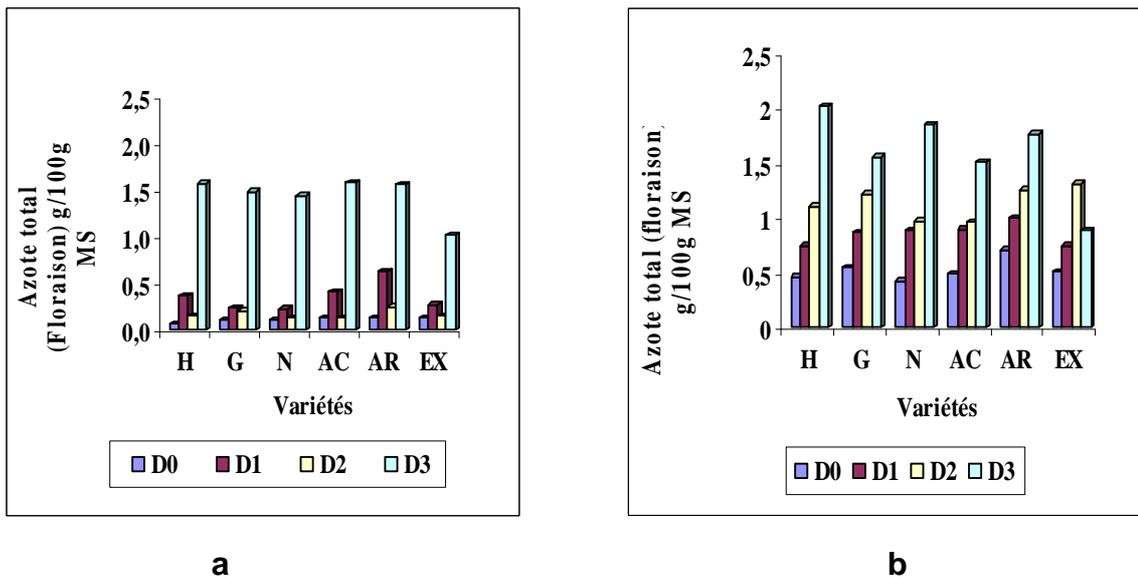
**Tableau3.10 : Variation du nombre moyen de la teneur en azote total à la période floraison.**

Effet de génotype				Effet de la dose d'azote			
1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année	
Genotype	moy	génotyp	moy	dos	moy	dos	moy
AR	0.65	AR	1.18	D3	1.50	D3	1.59
N	0.63	H	1.08	D1	0.47	D2	1.13
AC	0.59	G	1.04	D2	0.20	D1	0.85
H	0.53	N	1.03	D0	0.11	D0	0.52
G	0.51	AC	0.96	/	/	/	/
Ex	0.50	EX	0.85	/	/	/	/

La 2<sup>ème</sup> année a connu un gain prononcé dans la teneur en azote total sous l'effet des génotypes, des doses d'azote et de leurs interactions. La valeur

moyenne la plus élevée est relevée chez le génotype importé Ardenté suivie par le génotype local Hedba ; au niveau de la dose D<sub>3</sub> pour les apports azotés et chez le génotype Hedba combiné à la dose D<sub>3</sub> pour les interactions.

Par ailleurs, le regroupement d'essai fait ressortir un effet positif de l'interaction des deux facteurs année et doses d'azote (Appendice C). L'interaction des deux années avec la dose D<sub>3</sub> a atteint un taux de 1.45 % (1<sup>ère</sup> année) à 1.59% (2<sup>e</sup> année) suivie par la dose D<sub>2</sub> combinée à la 2<sup>ème</sup> année avec un taux moyen de 1.13.



**Figure 3.23 : La teneur en azote total à la floraison durant les deux années de culture (a : 1<sup>ère</sup> année, b : 2<sup>ème</sup> année).**

### **3.3.2- Analyse de l'azote total à la maturité**

Les résultats reportés dans les tableaux 3.1 et 3.2 montrent une grande variation entre les valeurs de la teneur en azote total des plantes à la floraison comparativement de la période de maturité au niveau de la paille. Elle est d'autant plus grande pour cette période durant les deux années de suivi. L'analyse statistique montre des différences hautement significatives au cours de la 1<sup>ère</sup> année au niveau des génotypes notamment chez les deux génotypes importés Nefer et Acalou et le génotype locale Hedba ; des doses d'azote avec la dose D<sub>3</sub> et de leurs interactions (tableau 3.2).

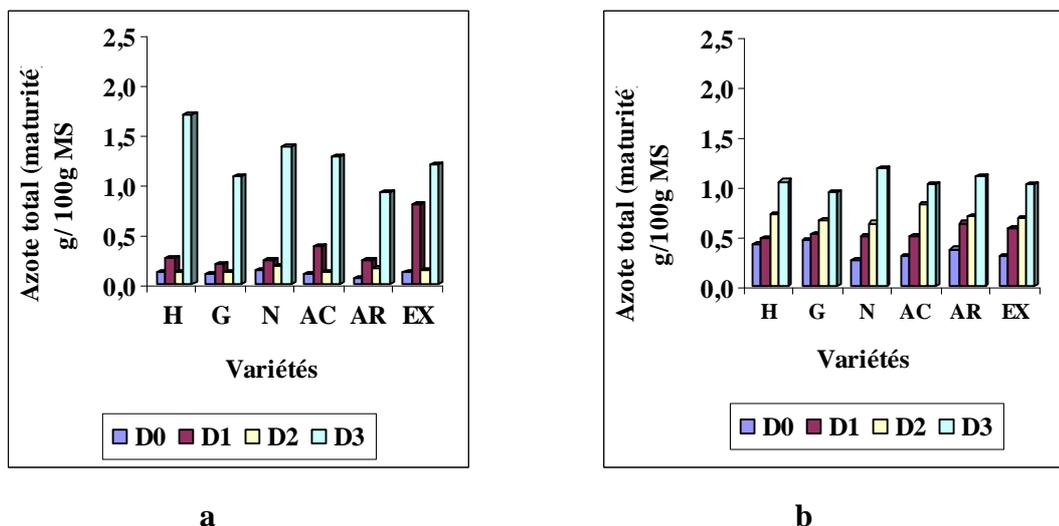
L'effet du génotype sur la teneur en azote total à la maturité est anéanti durant la 2<sup>ème</sup> campagne. Concernant les doses d'azote et de leurs interactions avec les génotypes, un accroissement de la teneur en azote total est enregistré pour les

doses D<sub>2</sub> et D<sub>1</sub> avec une régression pour la dose D<sub>3</sub> par rapport à la 1<sup>ère</sup> année. Les génotypes Nefer, Ardenté et Hedba combinés à la dose D<sub>3</sub> ont eu les valeurs moyennes les plus élevées durant cette.

**Tableau 3.11 : Variation du nombre moyen de la teneur en azote total à la maturité.**

Effet de génotype				Effet de la dose d’N			
1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année	
génotype	moy	génoty	moy	dose	moy	dose	moy
AC	0.47	/	/	D3	1.20	D3	1.05
N	0.46	/	/	D1	0.27	D2	0.70
H	0.46	/	/	D2	0.15	D1	0.51
EX	0.40	/		D0	0.08	D0	0.35
AR	0.40	/	/	/	/	/	/
G	0.37	/	/	/	/	/	/

De même, le regroupement d’essai a décelé un effet perceptible de l’interaction entre l’année et les doses d’azote apportées, la valeur la plus élevée a été obtenue au niveau de la dose D<sub>3</sub> oscillant entre 1.26 % et 1.05 % respectivement de la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>ème</sup> année suivie par la dose D<sub>2</sub> (0.70%) de la 2<sup>ème</sup> année.



**Figure 3.2 : La teneur en azote total à la maturité durant les deux années de culture, (a : 1<sup>ère</sup> année, b : 2<sup>ème</sup> année).**

### 3.3.3-Analyse de l'azote total des graines

Une forte variabilité dans l'expression des génotypes à l'égard de la teneur en azote total des grains est signalée. S'agissant de la 1<sup>ère</sup> année, la valeur moyenne la plus élevée est notée chez les génotypes locaux Hedba et Guemgoum ainsi que chez Acalou pour les génotypes introduits. De plus, les apports azotés ont présenté un effet important dans la variation du taux de l'azote assimilé ou la dose D<sub>3</sub> a atteint une valeur de 1.23 % suivie par la dose D<sub>1</sub> (tableau 3.12). Par ailleurs, les interactions des génotypes avec les doses apportées ont permis de classer les génotypes dans un ordre décroissant selon la teneur des graines en azote total ; Hedba, Excalabur et Acalou combinés à la dose D<sub>3</sub> ont été classés en 1<sup>er</sup> ordre.

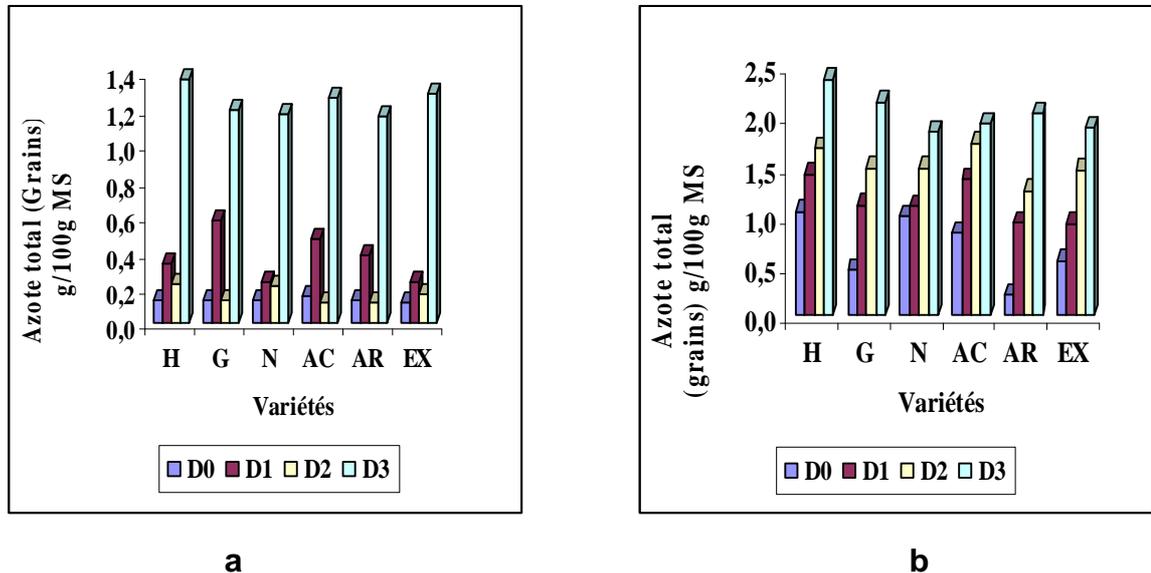
Cependant, un accroissement du taux de l'azote assimilé est révélé durant la 2<sup>ème</sup> année. En effet les résultats reportés dans le tableau 3.12 indiquent une supériorité chez le génotype local Hedba suivie par les génotypes importés Acalou et Nefer. Cette augmentation est notée également pour les doses d'azote ou la dose D<sub>3</sub> a eu la valeur la plus élevée suivie par la dose D<sub>2</sub>. S'agissant des interactions, les deux génotypes locaux Hedba et Guemgoum et le génotype importé Ardenté combinés à la dose D<sub>3</sub> ont donné une teneur assez élevée en azote total.

**Tableau 3.12 : Variation du nombre moyen de la teneur en azote total des graines**

Effet de génotype				Effet de la dose d'azote			
1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année	
génotype	moy	génotype	moy	dose	moy	dose	moy
H	0.51	H	1.62	D3	1.23	D3	2.02
G	0.50	AC	1.46	D1	0.37	D2	1.51
AC	0.49	N	1.35	D2	0.15	D1	1.14
EX	0.44	G	1.30	D0	0.13	D0	0.68
AR	0.44	EX	1.20	/	/	/	/
N	0.43	AR	1.10	/	/	/	/

Le regroupement d'essai a extériorisé une forte variabilité interannuelle dans l'expression des génotypes et des doses d'azote. En effet la valeur la plus

élevée en azote total est atteinte par Hedba (1.62%) et Acalou (1.46%) chez les génotypes ; la dose D<sub>3</sub> (2.02%) suivie par la dose D<sub>2</sub> (1.51%) pour les doses d'azote apportées durant la 2<sup>ème</sup> année.



**Figure 3.25 : Teneur en azote total des grains durant les deux années de culture, (a : 1<sup>ère</sup> année, b : 2<sup>ème</sup> année).**

### Conclusion

L'effet des génotypes, des doses d'azote et de leurs interactions est apparu fort perceptible sur la teneur en azote total absorbée selon les stades de prélèvement.

En effet, la teneur la plus élevée en azote total à la floraison est enregistrée chez les génotypes Ardenté et Nefer lorsqu'ils sont associés à la dose D<sub>3</sub> durant la 1<sup>ère</sup> année ; elle est d'autant plus élevée chez les génotypes Ardenté et Hedba lorsqu'ils sont associés à la même dose au cours de la 2<sup>ème</sup> année.

La teneur en azote total à la maturation est faible durant la 2<sup>ème</sup> année de culture. L'interaction du génotype Nefer dose D<sub>3</sub> semble la mieux appropriée.

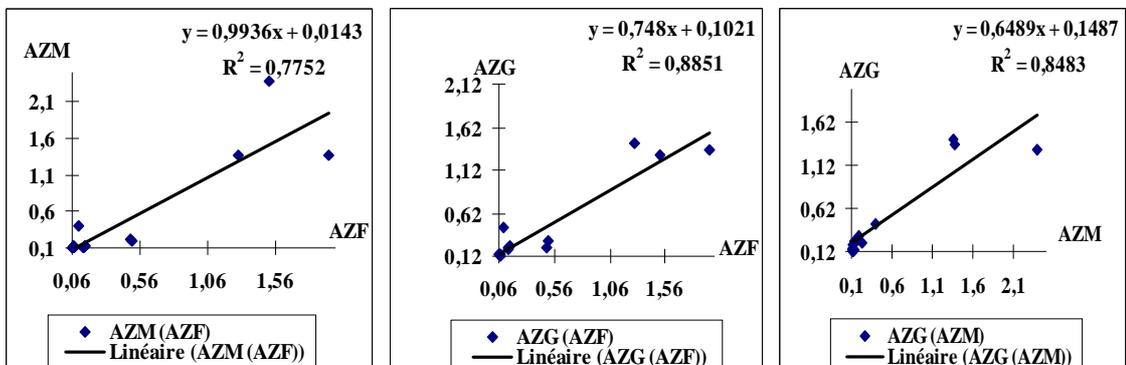
Une régression de l'azote total des grains est apparu durant la 1<sup>ère</sup> campagne ou les génotypes locaux ont enregistré les valeurs les plus élevées. L'interaction des deux génotypes Hedba et Excalabur avec la dose D<sub>3</sub> a donné de meilleurs résultats.

Durant la 2<sup>ème</sup> campagne une augmentation de la teneur de l'azote total est apparue chez des génotypes comme Hedba et Acalou ; ainsi qu'au niveau de la dose D<sub>3</sub> combinée avec les deux génotypes locaux Hedba et Guemgoum.

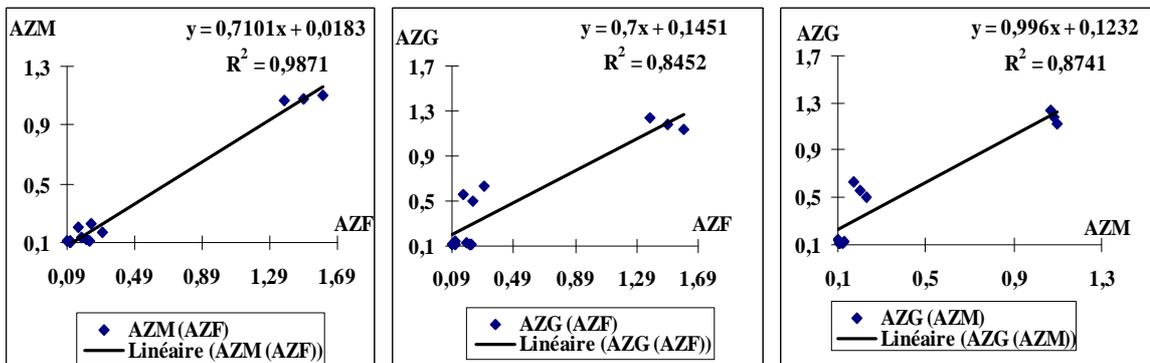
### 3.3.4-Etude des corrélations

#### 3.3.4.1-corrélations entre l'azote total à la floraison, à la maturation et des graines

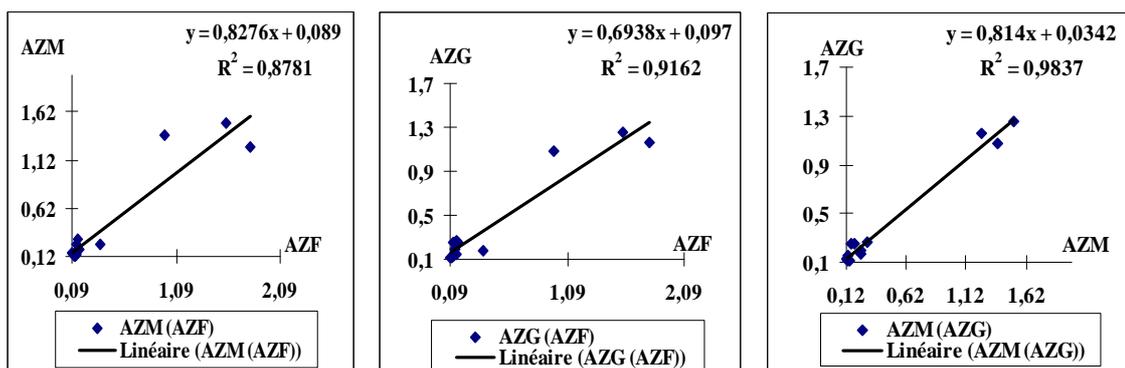
Les corrélations établies entre le taux de l'azote total à la floraison, à la maturité et des graines génèrent des coefficients forts allant de 0.88 à 0.99 chez les génotypes locaux et de 0.82 à 0.99 chez les génotypes importés au cours de la 1<sup>ère</sup> année de la culture. Ils varient de 0.91 à 0.96 et de 0.49 à 0.99 successivement chez les génotypes locaux et importés au cours de la 2<sup>ème</sup> année (Appendice D). Les modèles linéaires expliquent la liaison entre ces trois paramètres à des pourcentages élevés allant de 77% à 98% chez les génotypes locaux durant les deux années au niveau de la dose D<sub>3</sub> et la dose D<sub>2</sub> et de 42% à 98% chez les importés pour les mêmes doses.



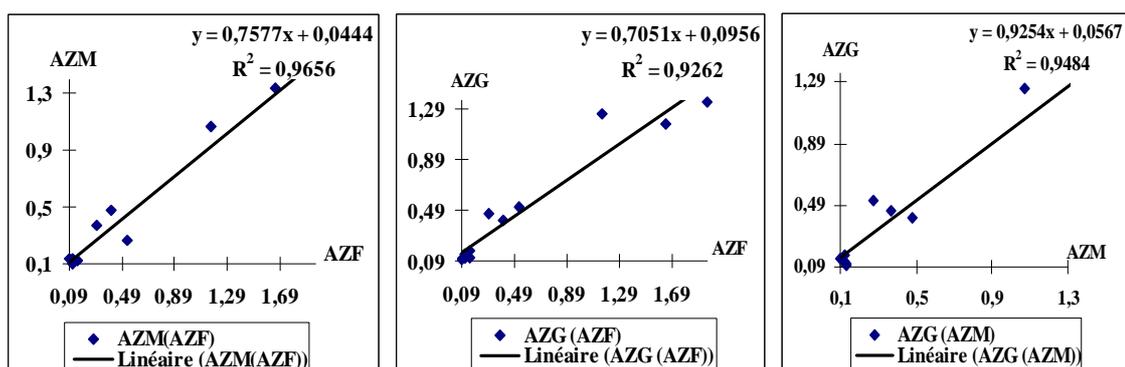
#### Hedba



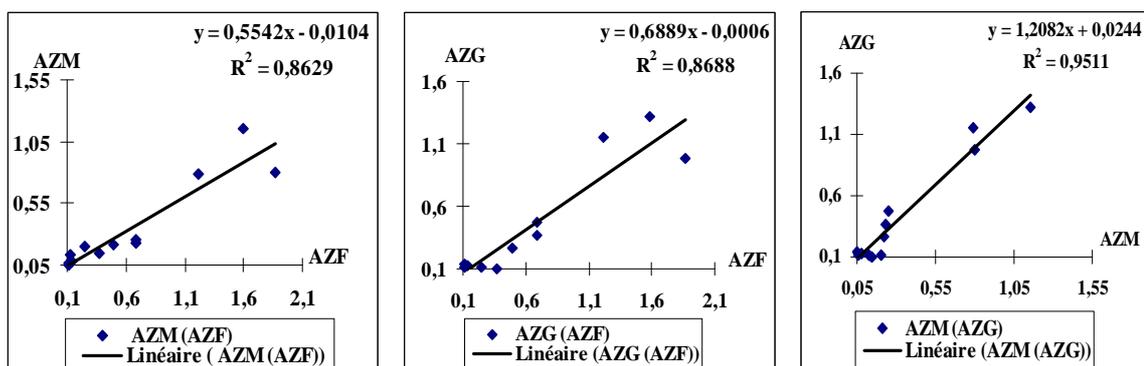
#### Guemgou



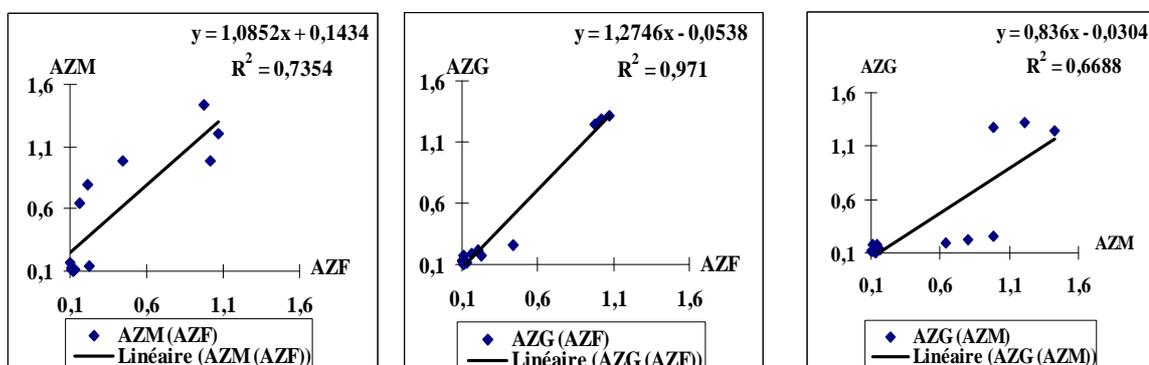
### Nefer



### Acalou

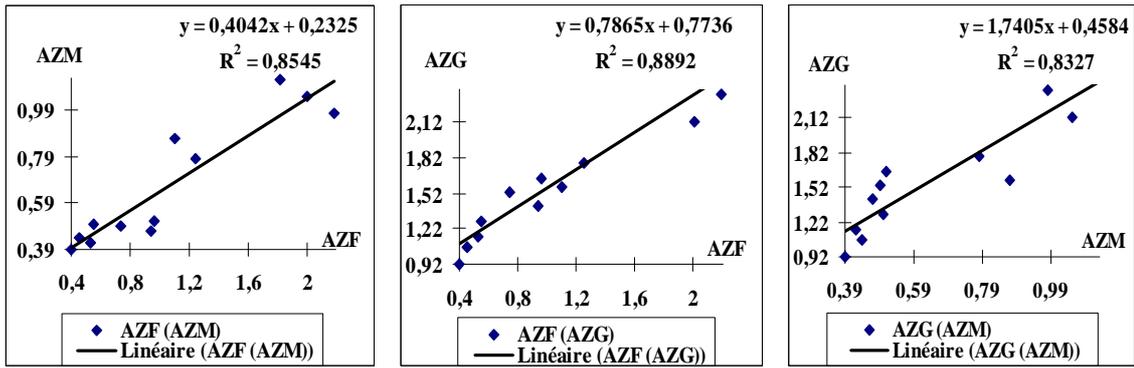


### Ardenté

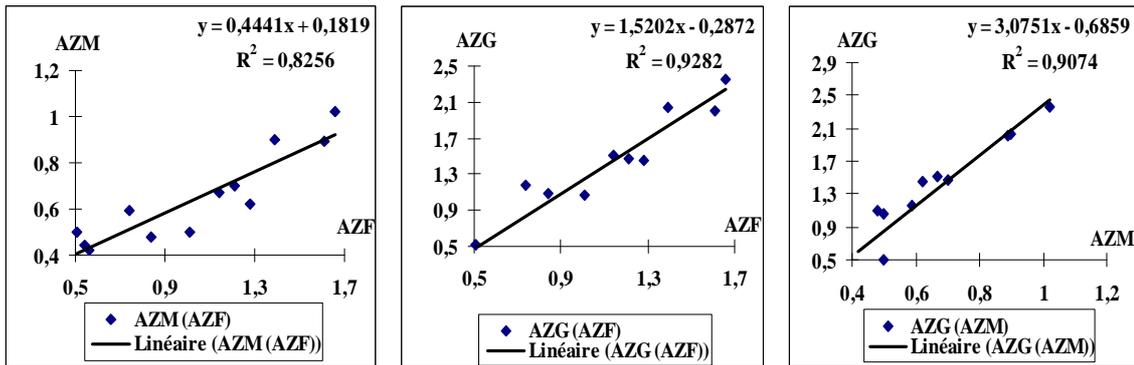


### Excalabur

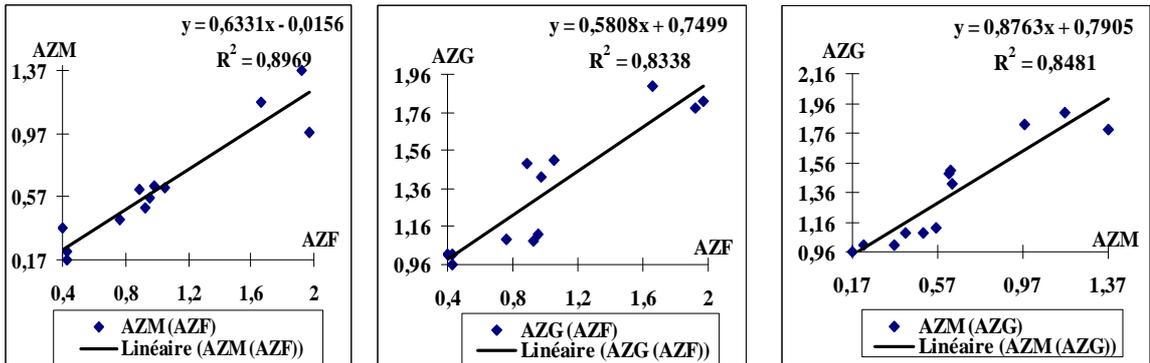
Figure 3.26 : Courbes de régression de l'azote total aux trois périodes de prélèvement durant la 1<sup>ère</sup> campagne



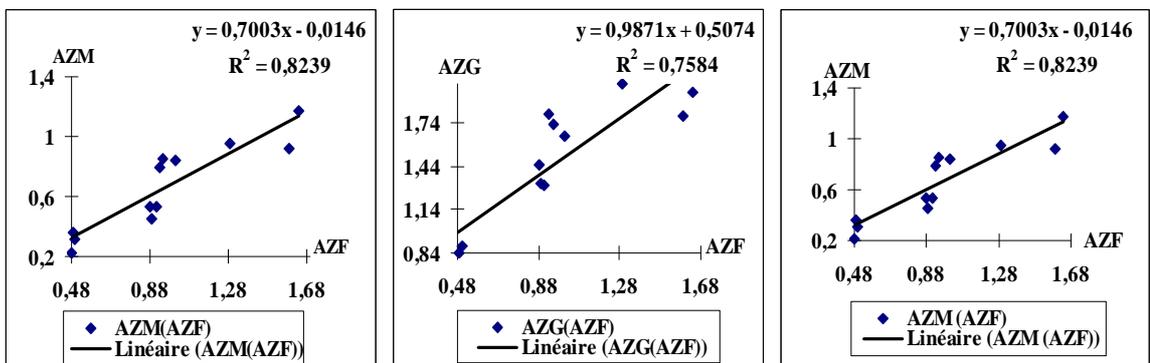
**Hedba**



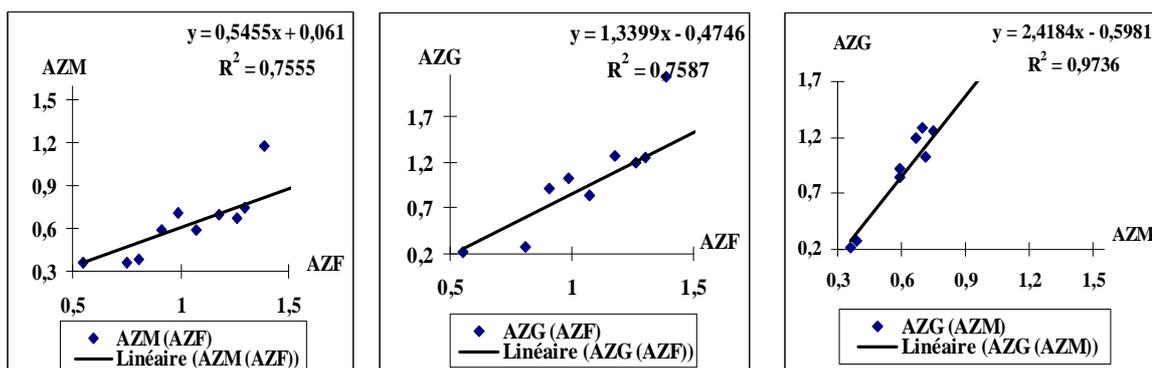
**Guemgoum**



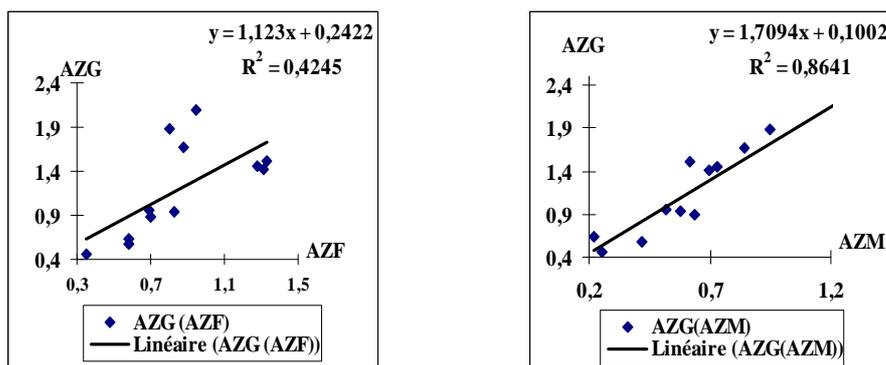
**Nefer**



**Acalou**



### Ardenté



### Excalabur

Figure 3.27 : Courbes de régression de l'azote total aux trois périodes de prélèvement durant la 2<sup>ème</sup> campagne

#### 3.3.4.2- corrélations entre l'azote total et les stades phénologiques

- **Stade floraison**

S'agissant des géotypes locaux, des corrélations positives sont établies chez le géotype Hedba entre la teneur en azote total à la floraison et les stades semis –levée, tallage - montaison, montaison - épiaison, et le stade floraison - maturité de la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>ème</sup> année de la culture. Une autre corrélation négative est enregistrée chez ce géotype entre le taux de l'azote total et le stade épiaison – floraison durant les deux années.

A l'inverse aucune corrélation n'est consignée chez Guemgoum sauf une positive avec le stade floraison –maturité durant la 1<sup>ère</sup> année et une autre négative avec le stade semis –levée au cours de la 2<sup>ème</sup> année de culture (Appendice D).

Hormis Excalabur, les matrices de corrélation entre l'azote total de la période floraison et la durée des stades phénologiques au cours de la 1<sup>ère</sup> campagne chez les géotypes importés génèrent des coefficients forts à faibles, reflétant des liaisons positives comme celles enregistrées pour les stades levée – tallage, tallage –montaison, montaison –épiaison et épiaison –floraison chez le géotype Nefer, les stades levée –tallage, tallage –montaison, montaison –épiaison et épiaison –floraison chez le géotype Ardente, les stades tallage –montaison, montaison-épiaison chez le géotype Acalou. D'autres négatives avec les stades semis –levée chez Nefer, floraison –maturité chez Acalou, semis –levée et floraison –maturité chez Ardente.

Durant la 2<sup>ème</sup> campagne les corrélations sont d'une importance moindre, on note en effet des liens positifs avec les stades levée –tallage, tallage –montaison, montaison –épiaison chez le géotype Nefer et des liens négatifs avec les stades floraison –maturité chez le géotype Acalou, stades levée –tallage, montaison –épiaison, floraison –maturité chez le géotype Excalabur (Appendice D).

Les corrélations entre l'azote total de la période floraison et la durée du cycle végétatif sont moins perceptibles à l'exception du géotype Ardente qui a présenté une corrélation négative. Des corrélations négatives sont apparues chez les géotypes Acalou et Guemgoum et d'autre positive chez le géotype Hedba durant la 2<sup>ème</sup> année.

- **Stade de maturation**

Des corrélations positives et d'autres négatives sont obtenues chez les géotypes locaux entre l'azote total de la période de maturité et la durée des stades phénologiques.

En effet des liens positifs sont révélés entre l'azote total à la maturité et les stades ; levée –tallage, tallage –montaison, montaison –épiaison chez le géotype Hedba et des liens négatifs pour les stades semis – levée et épiaison –floraison chez le géotype Hedba et les stades levée –tallage, épiaison –floraison chez le géotype Guemgoum au cours de la 1<sup>ère</sup> année.

Des coefficients plus ou moins importants sont notés chez Hedba pour la majorité des stades phénologiques mis à part le stade épiaison –floraison ; d'autres corrélations négatives sont notées pour les stades semis –levée, levée –tallage chez le génotype Guemgoum durant la 2<sup>ème</sup> année (Appendice D).

L'examen des matrices de corrélations fait apparaître une forte variation dans les liaisons établies chez les génotypes introduits. En effet au cours de la 1<sup>ère</sup> campagne des corrélations positives sont enregistrées entre l'azote total à la maturité et le stade floraison –maturité chez le génotype Ardenté et l'ensemble des stades phénologiques mis à part le stade floraison –maturité chez le génotype Acalou.

D'autres corrélations négatives sont signalées pour les stades, levée –tallage, tallage –montaison et le stade épiaison –floraison chez le génotype Ardenté, les stades épiaison –floraison et floraison –maturité chez le génotype Excalabur, le stade floraison –maturité chez les deux génotypes Nefer et Acalou.

De même, les coefficients de corrélation obtenus durant la 2<sup>ème</sup> campagne reflètent des liaisons positives entre l'azote total à la maturité et les stades semis -levée, tallage –montaison, montaison -épiaison et floraison -maturité chez le génotype Nefer, le stade floraison -maturité chez le génotype Acalou, et le stade épiaison -floraison chez le génotype Excalabur. A l'inverse, des corrélations négatives sont notées chez les génotypes Nefer et Acalou entre l'azote total et la durée du stade épiaison -floraison. Aucune corrélation n'est enregistrée chez le génotype Ardenté durant cette campagne (Appendice D).

Concernant la durée du cycle végétatif, des liens négatifs sont observés chez Guemgoum et Ardenté et un autre positif chez Acalou au cours de la 1<sup>ère</sup> année de culture.

En outre les liens sont apparus négatifs chez Hedba et Guemgoum et positifs chez Nefer et Acalou durant la 2<sup>ème</sup> année.

- **Azote des graines**

Des liens positifs sont enregistrés chez les génotypes locaux entre la teneur en azote total des graines et les stades levée –tallage, tallage –montaison, montaison –épiaison, floraison –maturité. A l'inverse des liens négatifs sont établis

pour les stades semis –levée et épiaison –floraison chez le génotype Hedba durant la 1<sup>ère</sup> année de culture.

Par ailleurs des corrélations positives sont mises en évidence au cours de la 2<sup>ème</sup> année de culture avec les stades semis –levée, tallage –montaison, montaison –épiaison, et floraison –maturité chez Hedba et Guemgoum (Appendice D).

A l'exception du génotype Nefer, tous les génotypes importés ont présenté des liaisons fortes et positives avec les stades semis –levée, levée –tallage, tallage –montaison, montaison –épiaison chez le génotype Acalou, les stades levée –tallage, tallage –montaison, montaison –épiaison chez le génotype Ardenté, les stades semis –levée, floraison –maturité chez le génotype Excalabur durant la 1<sup>ère</sup> année. D'autre corrélation négative avec le stade semis –levée est notée chez le génotype Ardenté.

Il est à relever que les coefficients de corrélation enregistrés durant la 2<sup>ème</sup> année sont marqués par des liaisons fortes notamment chez le génotype Ardenté pour les stades semis –levée jusqu'au stade montaison –épiaison, les stades levée –tallage, tallage –montaison, montaison –épiaison chez le génotype Nefer, les stades levée –tallage, floraison –maturité chez le génotype Acalou, les stades semis –levée, épiaison- floraison chez le génotype Excalabur.

Des corrélations positives sont mises en évidence entre l'azote total des graines et la durée du cycle végétatif chez les génotypes Guemgoum et Excalabur et d'autre négative chez le génotype Nefer durant la 1<sup>ère</sup> année. Au cours de la 2<sup>ème</sup> année des liens positifs sont signalés chez les deux génotypes Ardenté et Acalou. D'autres sont négatifs chez le génotype Guemgoum (Appendice D).

### **Conclusion**

Les matrices de corrélations entre la teneur en azote total à la floraison, à la maturité et des graines ont engendré des coefficients de corrélation fortement positifs durant les deux années de culture chez l'ensemble des génotypes étudiés avec toutes les doses d'azote apportées notamment la dose D<sub>3</sub>.

Une forte variabilité a caractérisé les corrélations mises en évidence entre l'azote de la période floraison et la durée des stades phénologiques. En effet les

plus importantes sont relevées durant la 1<sup>ère</sup> année de culture pour le stade floraison- maturité chez les génotypes locaux, pour les stades de levée jusqu'à l'épiaison chez les génotypes importés. La corrélation entre le cycle végétatif et l'azote total à la floraison est moins perceptible pour l'ensemble des génotypes durant les deux années de culture.

Les matrices de corrélation établies entre l'azote total à la maturité et la durée des stades phénologiques révèlent une forte fluctuation dans les liaisons pour la plupart des génotypes notamment les importés. Concernant les génotypes locaux, Hedba a présenté des liaisons significatives et positives pour la majorité des stades phénologiques durant les deux campagnes à l'exception du stade épiaison-floraison.

Les corrélations établies entre la teneur en azote total des graines et les stades phénologiques sont plus ou moins importantes et positives que celles précitées auparavant chez l'ensemble des génotypes excepté le génotype Nefer de la 1<sup>ère</sup> année.

### **3.3.4.3- Azote total - Rendement**

Les matrices de corrélation portant sur l'ensemble des génotypes étudiés engendrent des coefficients reflétant la forte variation dans les liens entre l'azote total des périodes floraison, maturité et des graines et le rendement en grains avec ses composantes principales.

En effet, des corrélations significatives et négatives sont établies entre l'azote total et le rendement en grains chez le génotype Hedba allant de -0.67 à -0.82 durant les deux années de culture pour la période floraison, la période de maturité et l'azote total des graines. Les modèles linéaires expliquent ces corrélations négatives à des pourcentages allant de

- 52 % à 67 % pour la période de la floraison, marqué par un début d'accroissement au niveau de la dose D<sub>2</sub> et D<sub>1</sub> suivie par une forte régression au niveau de la dose D<sub>3</sub>.

-44% à 64% pour la période de maturité avec une augmentation au niveau de la dose D<sub>1</sub> et D<sub>0</sub> et un abaissement prononcé au niveau de la dose D<sub>3</sub>.

-51 % et 50 % pour les graines, caractérisé par un accroissement au niveau de la dose  $D_0$ ,  $D_1$  et  $D_2$  et un décroissement au niveau de la dose  $D_3$ .

D'autres corrélations entre le rendement en grains et l'azote total sont significatives et positives chez Guemgoum variant de 0.84 à 0.91. En effet ces corrélations sont expliquées par des régressions linéaires venant comme suit :

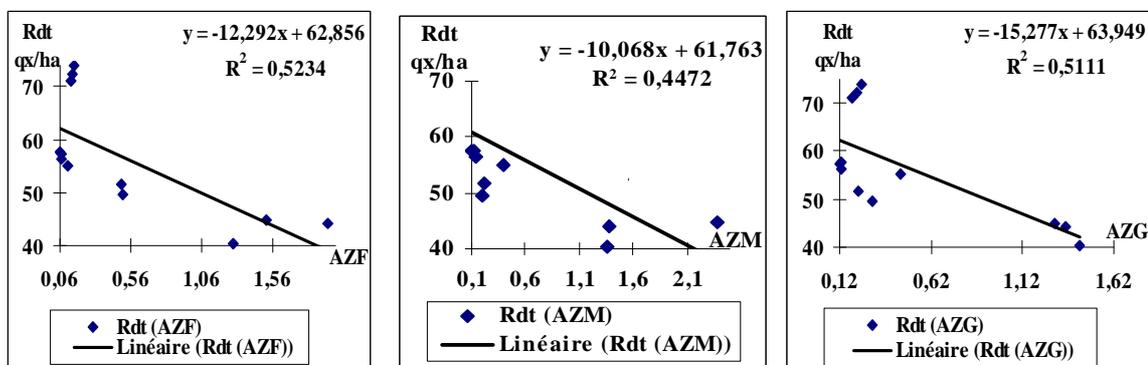
-70 % ,65 % et 43 % pour la période de la floraison, période de la maturité et des graines au niveau des doses  $D_3$ ,  $D_2$  et  $D_1$  de la 1<sup>ère</sup> année.

-72 % pour la période de la floraison, 65% pour la période de la maturité et 0.83 % pour les graines associant aux mêmes doses précitées en 2<sup>ème</sup> année.

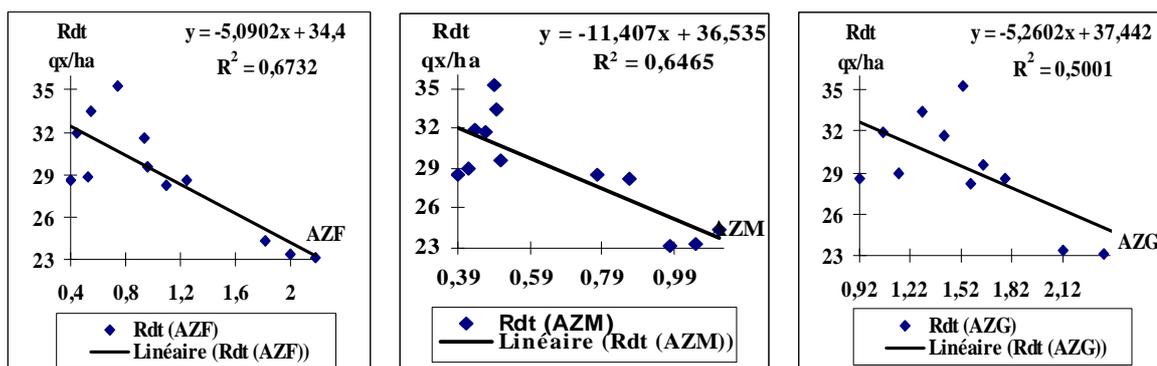
Concernant les composantes de rendement, des corrélations négatives ont été mises en évidence chez le génotype Hedba au cours de la 1<sup>ère</sup> campagne entre le poids de mille grains et le taux de l'azote total avec des coefficients oscillant entre -0.64 pour la période de maturation (pailles), -0.73 pour l'azote des graines et -0.79 pour la période de floraison.

Des liaisons plus ou moins importantes sont notées chez le génotype Guemgoum durant la 2<sup>ème</sup> année entre le poids de mille grain et l'azote total de la période de maturité (0.58) et de la période de floraison (0.60) (Appendice D).

S'agissant des corrélations entre l'azote total et le nombre de grains par épi, le génotype Guemgoum a présenté des liens significatifs et positifs durant la 2<sup>ème</sup> année entre l'azote total et le nombre de grain par épi oscillant entre 0.66 à 0.82. D'autres sont apparus négatifs durant la 1<sup>ère</sup> campagne pour l'azote total à la maturité et des graines (Appendice D).

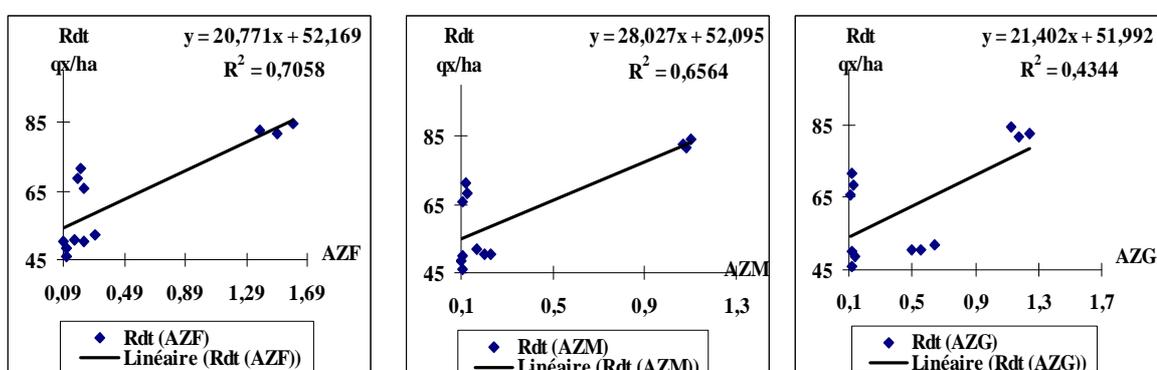


1<sup>ère</sup> année.

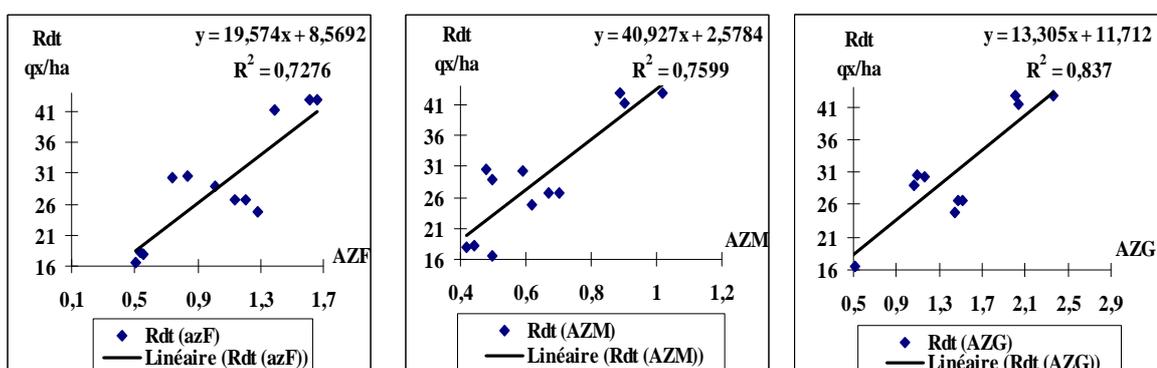


2<sup>ème</sup> année

Figure 3.28 : Courbes de régression du rendement en grain en fonction de l'azote total aux trois périodes de prélèvement chez le génotype Hedba pendant les deux campagnes.



1<sup>ère</sup> année



2<sup>ème</sup> année

Figure 3.29 : Courbes de régression du rendement en grain en fonction de l'azote total aux trois périodes de prélèvement chez le génotype Guemgoum pendant les deux campagnes.

Le comportement des génotypes importés est apparu différent que celui des témoins locaux. Alors que, des liaisons significatives et positives sont établies

entre le rendement en grains et la teneur en azote total pendant la 1<sup>ère</sup> année, d'autres corrélations sont significatives et négatives au cours de la 2<sup>ème</sup> année.

Les coefficients de corrélation entre la teneur en azote total et le rendement en grains obtenus durant la 1<sup>ère</sup> campagne montrent un effet fort perceptible chez l'ensemble des génotypes étudiés, les plus importants sont ceux consignés chez les génotypes Acalou et Excalabur. Ils oscillent entre 0.64 à 0.89 pour l'azote de la période floraison, 0.65 à 0.91 pour la période de maturité et de 0.62 à 0.90 pour l'azote des graines (Appendice D).

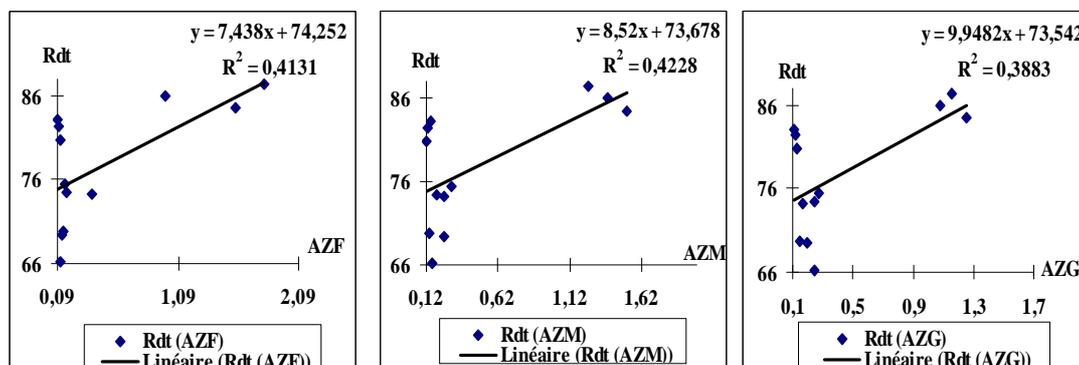
Les courbes de régression expliquent les liens positifs entre le rendement en grains et l'azote total des génotypes introduits de la 1<sup>ère</sup> année à des pourcentages venant comme suit :

- 41 % pour la période de la floraison, 42 % pour la période de la maturité et 38 % des graines au niveau des doses D<sub>3</sub> et D<sub>1</sub> chez le génotype Nefer.

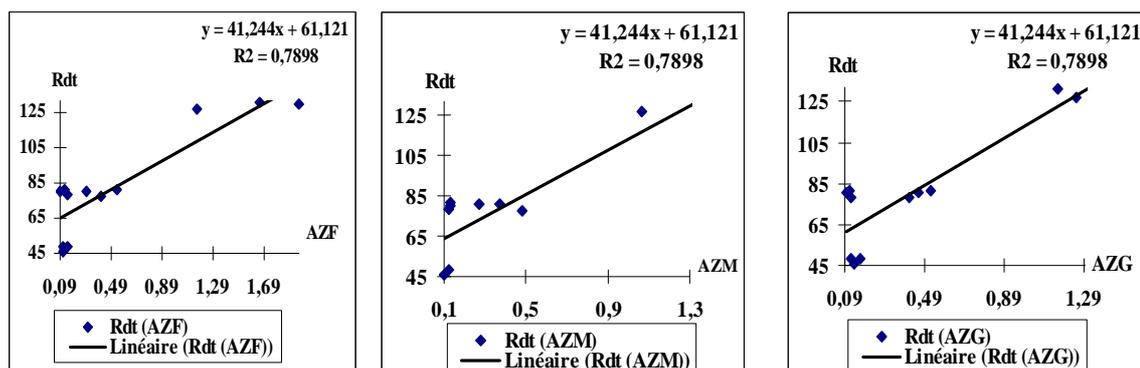
-78 % à la floraison, à la maturité et les graines chez le génotype Acalou au niveau des doses D<sub>3</sub> et D<sub>1</sub>.

-43 % à la floraison, 58 % à la maturité et 49 % et les graines au niveau des doses D<sub>3</sub> et D<sub>2</sub> chez le génotype Ardenté.

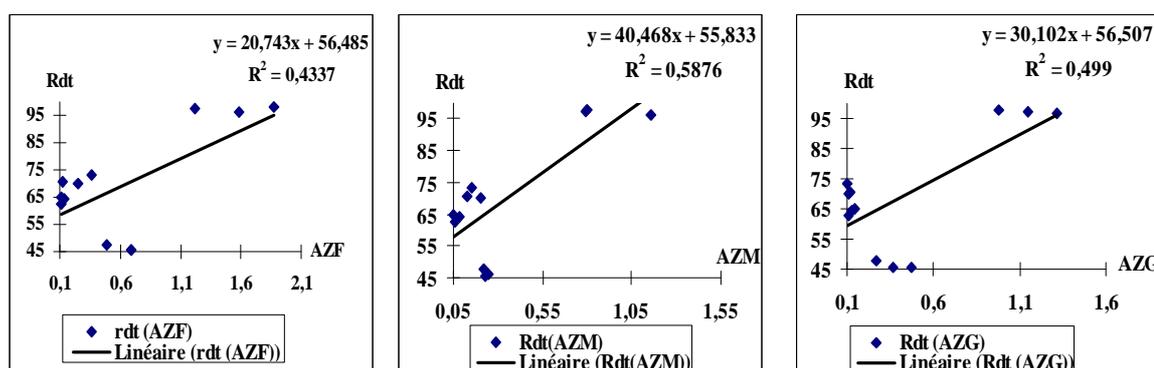
-68 % à la floraison, 75 % à la maturité au niveau des doses D<sub>3</sub> et D<sub>1</sub> et 66 % pour les graines associée à la dose D<sub>3</sub> et D<sub>2</sub> chez le génotype Excalabur.



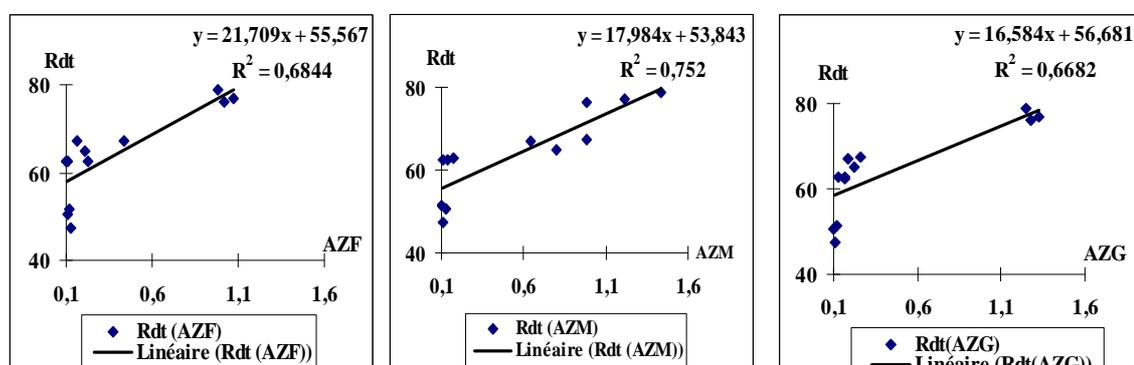
**Nefer**



### Acalou



### Ardenté



### Excalabur

**Figure 3.30 : Courbes de régression du rendement en grain en fonction de l'azote total aux trois périodes de prélèvement chez les génotypes importés pendant la 1<sup>ère</sup> année.**

Hormis la faible corrélation enregistrée chez le génotype Excalabur entre le poids de mille grains et l'azote total à la maturité (0.54), aucune corrélation n'est signalée chez les autres génotypes pour cette composante.

Toutefois, les matrices de corrélations génèrent des coefficients forts à faibles selon les génotypes introduits entre le nombre de grains par épi et l'azote

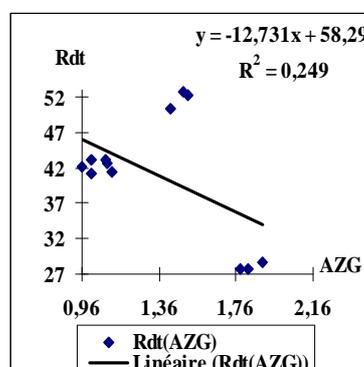
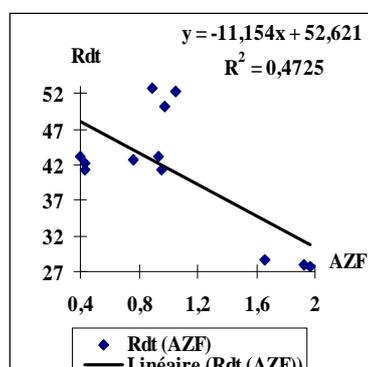
total. En effet le nombre de grains par épi est fortement corrélé à la teneur en azote total chez le génotype Ardenté notamment avec la teneur en azote total des graines (0.90) et d'une moindre importance chez le génotype Acalou (Appendice E). Des corrélations significatives et négatives sont mises en évidence chez le génotype Excalabur, la plus importante est celle signalée avec l'azote total des graines.

A l'exception de la corrélation positive signalée entre le rendement et l'azote total de la période floraison (0.54) chez le génotype Excalabur, des corrélations négatives ont été mises en évidence durant la 2<sup>ème</sup> année entre le rendement en grains et le taux de l'azote total pour la plupart des génotypes importés. De ce fait les coefficients obtenus sont de -0.47 à -0.69 pour l'azote total de la période floraison, -0.64 à -0.73 pour l'azote total de la période de maturité, -0.50 à -0.64 pour l'azote des graines (Appendice C). Les modèles linéaires expliquent ces liaisons avec des pourcentages qui varient d'un génotype à un autre selon les périodes de prélèvement :

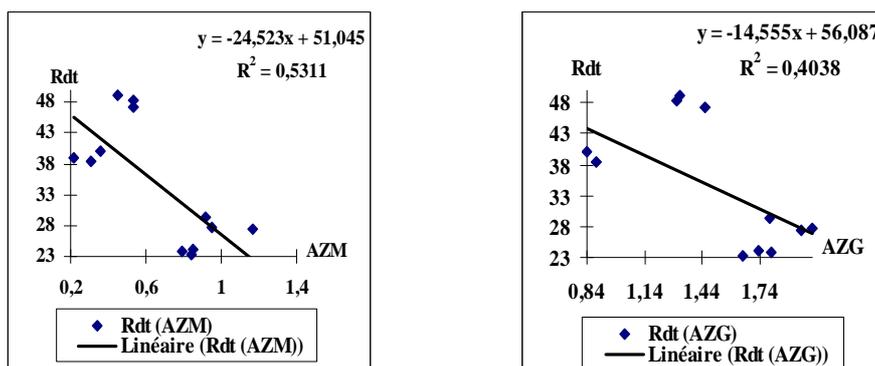
- 47 %, 41% et 24 % à la floraison, à la maturité et des graines, avec un accroissement au niveau de la dose D<sub>1</sub> et une régression au niveau de la dose D<sub>3</sub> chez le génotype Nefer.

- 53 % et 40 % pour la période de maturité et des graines marquées par une augmentation associée à la dose D<sub>1</sub> et une diminution associée à la dose D<sub>3</sub> chez le génotype Acalou.

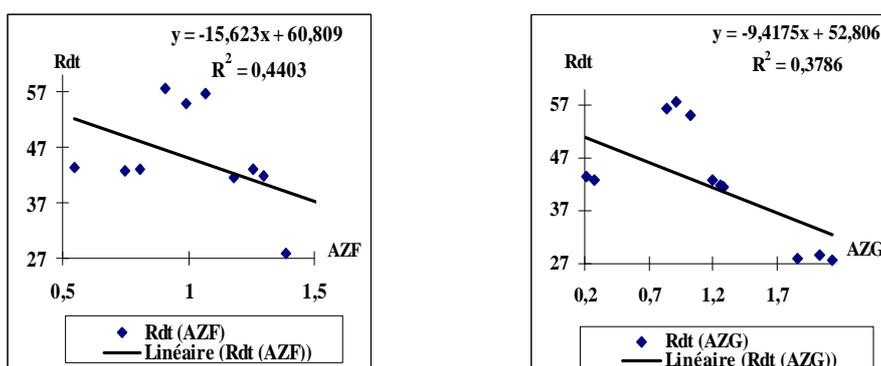
- 44 % pour la période de la floraison, 43 % pour la période de maturité et 37 % pour les graines, avec une régression au niveau de la dose D<sub>2</sub> et D<sub>3</sub> et une augmentation au niveau de la dose D<sub>0</sub> et D<sub>1</sub> chez le génotype Ardenté.



**Nefer**



### Acalou



### Ardenté

**Figure 3.31 : Courbes de régression du rendement en grain en fonction l'azote total durant la 2<sup>ème</sup> année chez les génotypes importés.**

S'agissant des liens établis entre les composantes de rendement et la teneur en azote total, des liens significatifs et négatifs sont décelés avec le poids de mille grains chez les génotype Nefer et Acalou, les plus important sont ceux de la période floraison chez Nefer (-0.66) et de la période de maturité et des graines chez Acalou respectifs de -0.73 et -0.64.

D'autres liens significatifs et positifs sont notés chez Excalabur pour l'azote total à la maturité (0.90) et l'azote total des graines (0.91).

Le nombre de grains par épi n'a été corrélé qu'avec l'azote total des graines pour l'ensemble des génotypes importés. Les coefficients de corrélation oscillent entre -0.60 à 0.60, excepté Excalabur dont le nombre de grains par épi est corrélé positivement avec l'azote total de la période floraison (Appendice E).

### **Conclusion**

L'étude des corrélations entre le rendement en grains et la teneur en azote total à la floraison, à la maturité et des graines génèrent des coefficients forts perceptibles qui reflètent une grande différence dans le comportement des génotypes étudiés. En effet, cette différence est signalée dans un premier temps chez les génotypes locaux ou Hedba a présenté des liens significatifs et négatifs entre l'azote total et le rendement en grains durant les deux campagnes. Les liens sont apparus fortement positifs chez Guemgoum, avec une augmentation au niveau de la dose D<sub>2</sub> et D<sub>1</sub> et une régression à la dose D<sub>3</sub>.

Une forte variation a été décelée dans le comportement des génotypes importés entre les deux années d'étude. Alors que des corrélations significatives et positives ont été mises en évidence pendant la 1<sup>ère</sup> année entre le rendement en grains et le taux de l'azote total pour l'ensemble des génotypes au niveau de la dose D<sub>3</sub> et la dose D<sub>2</sub> ; des corrélations significatives et négatives sont enregistrées au cours de la 2<sup>ème</sup> année chez les mêmes génotypes à l'exception d'une légère corrélation positive signalée entre le rendement et l'azote total de la période floraison chez Excalibur ( $r = 0.54$ ).

### **3.3.5-Discussion**

La réponse d'un génotype à un traitement donné d'azote, évaluée par sa capacité à utiliser l'azote pour produire des grains, dépend de quatre facteurs :

- la capacité à prélever l'azote dans le sol qui dépend de la morphologie et du fonctionnement du système racinaire ;
- la capacité à assimiler l'azote pour le stocker ou pour la production de structures (feuilles, racines...) ;
- la capacité à remobiliser l'azote pour produire le rendement en grain ;
- l'interaction entre le rythme de développement de la variété qui détermine les besoins et les fournitures en azote dont seulement une partie peut être contrôlée grâce aux apports en azote [31].

Nous avons mené notre expérimentation dans deux sols différents, l'un appauvri en azote dont le précédent cultural est une céréale durant la 1<sup>ère</sup> année ; l'autre assez riche en azote dont le précédent cultural est une jachère travaillée durant la 2<sup>ème</sup> année.

Les analyses statistiques, le regroupement d'essais et les corrélations ont montré une forte variation dans l'assimilation azotée interannuelle, intergénotypes, et à l'égard des traitements azotés durant la période de la floraison, de la maturation et des graines.

- Le taux le plus élevé de l'azote total assimilé durant la période de la floraison obtenu au niveau de la dose D<sub>3</sub> combinée aux génotypes introduits notamment le génotype Nefer durant la 1<sup>ère</sup> année et les deux génotypes Hedba et Nefer pour la 2<sup>ème</sup> année, serait dû à la quantité assez grande d'azote contenu dans l'appareil végétal. L'augmentation importante de la matière sèche suite à une augmentation de la photosynthèse est fortement liée à la nutrition azotée dont elle affecte la distribution des assimilés au niveau des organes aériens et au sein du système racinaire [51] et [66].

La croissance des tiges et de la matière sèche évolue beaucoup plus rapidement pour atteindre entre 12 et 15t /ha en conditions non limitantes à la floraison, et pour satisfaire de tels besoins, les quantités d'azotes à absorber suivent typiquement cette évolution dont il faudrait ajuster les doses d'azotes et le fractionnement au plus juste [43].

En effet, cela explique le taux assez élevé de l'azote total assimilé pour la période floraison obtenu durant le suivi pour la plupart des génotypes combinés à la dose D<sub>3</sub> e et la dose D<sub>2</sub>.

De même, ces valeurs sont nettement supérieures à celles obtenus par VILAIN (1987), qui a évalué le taux d'azote total durant le stade floraison à 1.1% par rapport à la matière sèche. D'une façon générale, ces résultats corroborent ceux trouvés par JUSTES et al (1997) qui ont rapporté que la matière sèche renferme de 1 à 5% d'azote total avec une richesse des jeunes tissus.

La réponse différentielle des génotypes introduits et locaux aux traitements azotés exprimée par une variation dans le taux d'azote total assimilé ne peut être exprimé que par deux points essentiels à savoir ;

-La morphologie du système racinaire des génotypes introduits (à paille courte) qui est caractérisé par un nombre élevé de racines adventives par rapport

aux témoins. Il augmente ainsi la surface d'absorption qui leur confère beaucoup plus de chances d'assimiler l'azote surtout en cas de stress hydrique où l'absorption de l'eau dépend du nombre de racines occupant un volume de sol [67] et [68].

-Chaque génotype possède une teneur minimale (critique) en azote des parties aériennes propre à elle, qui varie au cours du cycle, en fonction de la biomasse aérienne de la culture. Elle permet d'assurer une croissance maximale, de ce fait l'absorption azotée d'une plante est limitée par son état azoté et non pas seulement par la quantité d'azote disponible dans le sol. De plus, il existe un critère fiable de caractérisation de l'état azoté d'une culture de blé qu'est l'indice de la nutrition azotée d'une culture. Il est estimé comme le rapport entre la teneur en azote observée de cette culture et la teneur critique correspondant à la biomasse aérienne [41].

Le taux élevé de l'azote total obtenu chez le génotype Hedba au cours de la 2<sup>ème</sup> année, ne serait expliqué que par sa forte production en biomasse aérienne qui était assez élevée par rapport aux autres génotypes.

La forte variation du taux d'azote assimilé observée entre les deux campagnes est probablement dû aux fortes précipitations qu'a connu la 1<sup>ère</sup> année de culture au moment de semis et au tallage provoquant ainsi un lessivage des quantités d'azote épandues.

De même, le précédent cultural et la composition en azote du sol avant le semis sont intervenus d'une façon non négligeable dans la variation de l'assimilation azotée. Etant donné que la composition moyenne du sol en azote total pour la 2<sup>ème</sup> année est nettement supérieure (0.10 %) à celle de l'année précédente (0.04 %) ; cela a provoqué une augmentation de la teneur en azote total des pailles à la floraison au cours de la 2<sup>ème</sup> année.

En outre, l'épandage d'azote fractionné en trois apports (D<sub>3</sub>), et au moment de la montaison (D<sub>2</sub>) a donné de bons résultats. C'est à partir du début tallage jusqu'à la floraison que le blé utilise le plus d'azote, de ce fait apporter l'azote au moment où la plante en a le plus besoin c'est-à-dire au début de tallage permet d'assurer la croissance et la survie des talles émises. Il est à signaler que le maximum couvert d'azote des grains provient de l'azote épandu au moment du tallage [32] et [37].

De même, le deuxième apport qui correspond à la montaison est considéré comme étant la dose la plus importante, elle contribue à satisfaire l'accroissement sensible de l'absorption postérieure au stade épi 1 cm.

La précocité exprimée par la durée en degrés de jour de la phase levée – floraison est le facteur principal de variation de la production de la matière sèche, elle explique 90% des écarts entre les variétés [28]. En effet, une forte corrélation s'est établie entre la durée du stade semis- levée, levée –tallage et l'azote total de la floraison chez les géotypes Nefer, Hedba et Ardenté ainsi que la durée du stade tallage –floraison chez les géotypes Nefer, Acalou, Ardenté et Hedba.

- A maturité, une régression est décelée dans le taux de l'azote total des parties aériennes au stade maturité comparé à celui de la floraison au cours des deux années de suivi et pour tous les géotypes interférés aux doses d'azote. Les quantités d'azote restantes dans l'appareil végétatif sont faibles par rapport à celles de la floraison. Une grande partie est remobilisée avec un pourcentage de 37 % de matière sèche comparé à celui des glucides (18%) [66]. Cette période correspond à un arrêt de croissance des feuilles et des tiges ; l'activité photosynthétique de la plante est entièrement consacrée à l'accumulation de réserves [53].

L'accroissement de la teneur en azote total chez le géotype Nefer au niveau de la dose D<sub>3</sub> suivi par les autres géotypes pendant les deux campagnes ne serait expliqué que par l'élévation de l'azote total au stade floraison, ceci a confirmé les résultats obtenus par OURRY et al (1995).

En revanche la régression de la teneur en azote dans ce stade n'a pas suivi le même ordre d'accroissement observé au stade floraison. Des études ont montré que la remobilisation des réserves préexistantes dans les organes végétaux avant l'anthèse est liée au géotype et la disponibilité de l'azote. Elles assurent en effet chez le blé 50 % de l'azote utilisé pour le remplissage du grain [52].

L'analyse de la plante peut définir assez exactement les niveaux d'absorption des différents ions nutritifs par le végétal, mais elle ne permet pas de préjuger de l'utilisation qui en sera faite. Une importante fraction des ions absorbés pourrait

rester dans le végétal pour des raisons nombreuses parmi lesquelles le mauvais équilibre entre les éléments majeurs absorbés [49].

Une forte variabilité est enregistrée au niveau des corrélations mises en évidence entre la teneur en azote total des parties aériennes à maturité et la durée des stades phénologiques ainsi que le cycle végétatif des génotypes étudiés.

Une corrélation positive est établie entre la durée des stades levée -montaison, montaison -floraison et l'azote total chez les génotypes Hedba, Nefer et Acalou, avec un autre lien négatif chez Guemgoum. De même, des liens négatifs sont révélés chez les génotypes Guemgoum, Nefer, Acalou et Excalabur concernant le stade floraison -maturité.

Le taux de l'azote total est positivement corrélé à la durée du cycle végétatif chez les génotypes Acalou, Ardenté et Excalabur, négativement corrélé chez les témoins locaux. Cela est peut être lié à la quantité de la matière sèche produite qui est affectée par la température enregistrée durant les deux campagne.

-S'agissant de l'azote total des grains, Il est à noter qu'il existe deux sources d'azote disponible pour la croissance des graines ;

-l'azote assimilé et intégré dans les différents organes avant l'anthèse ;

-l'azote absorbé et réduit durant le remplissage et la maturation du grain

[54].

Les résultats obtenus durant les deux années de culture ont mis en lumière une bonne assimilation de l'azote par les génotypes locaux notamment en conditions sub-optimale (la 1<sup>ère</sup> année où le précédent cultural est une céréale). En effet le génotype Hedba a exprimé une supériorité dans la teneur en azote total durant les deux années de culture suivie par les génotypes importés comme Acalou et Excalabur.

La différence variétale enregistrée au niveau de la teneur en azote total des graines serait justifiée par la variabilité de la durée du remplissage liée à une grande absorption d'azote entre la floraison et la maturité. La quantité d'azote contenue dans l'appareil végétatif aboutit à son tour à une efficacité de la photosynthèse et une production importante des assimilés [66].

Des corrélations significatives et positives sont établies entre la teneur en azote total et les stades phénologiques chez les génotypes Hedba, Guemgoum, Nefer, Acalou, et Ardente avec la durée du stade levée-tallage, tallage-montaison et le stade montaison-épiaison. L'azote total des graines est corrélé positivement

au stade épiaison-floraison chez Ardenté et Excalabur et négativement chez Hedba. Cependant les liens sont avérés positifs avec la durée du stade floraison-maturité chez les génotypes Hedba, Guemgoum, Acalou et Excalabur.

Les corrélations entre l'azote total des trois périodes de prélèvement et les modèles linéaires obtenus montrent d'une façon assez claire le rôle de l'azote total de l'appareil végétatif avant floraison jusqu'à maturité dans le remplissage des graines. La forte production des assimilats pourrait expliquer les divisions cellulaires plus nombreuses induisant ainsi une augmentation de la force des puits (épis) qui se traduit selon ICHIR (2003) par une augmentation du flux d'azote vers le grain.

En outre CARRECK et CHRISTIAN, (1991) ont rapporté que le fait que la production d'assimilats cesse graduellement n'empêche pas l'absorption racinaire de l'azote de se poursuivre. Ceci pourrait expliquer le gain prononcé en azote total chez les génotypes Hedba et Guemgoum, bien que leur teneur en azote total à la floraison est faible comparativement à celle obtenue chez les génotypes introduits notamment chez le génotype Nefer au cours de la 1<sup>ère</sup> année de culture.

La teneur en azote des graines durant les deux campagnes a suivi la teneur en azote des plantes à la floraison. Il semble que la migration de l'azote est nettement moins affectée par l'excès thermique qui coïncide avec la période de remplissage que celle des éléments carbonés constituant l'amidon des grains. De plus les brèves périodes de réchauffement des épis après floraison accrurent l'accumulation de la matière sèche, mais la vitesse d'accroissement d'azote fut cependant plus grande que l'accroissement de l'accumulation totale de matière sèche.

De même un stress de chaleur et d'eau de long terme mène à une concentration accrue d'azote due presque entièrement à une chute de la teneur en amidon. Cela pourrait expliquer le taux élevé des graines échaudées observé en 2<sup>ème</sup> année de culture chez l'ensemble des génotypes notamment les introduits, due essentiellement aux températures élevées enregistrées durant la période de remplissage [69].

En outre, l'effet du précédent cultural a énormément influencé l'absorption azotée des plantes suite à une variation de la teneur en azote du sol ; SELLES et JAMES (2000) ont attribué cette variabilité en azote des graines à des

facteurs environnementaux comme la disponibilité de l'azote du sol et l'eau, la température et l'intensité lumineuse.

Cependant les facteurs génétiques, selon les mêmes auteurs jouent un rôle moins important, puisqu'ils l'ont attribué un pourcentage de 2% dans l'élaboration de la teneur en protéine des grains comparativement à 12% dus aux facteurs climatiques.

La réponse de la culture du blé à la fertilisation azotée est complexe. Elle dépend de nombreux facteurs, ce qui la rend extrêmement variable pour le rendement en grains, ses composantes et la teneur en protéines.

A la lumière des résultats obtenus, nous avons signalé une forte variation dans le comportement variétal au sein de la variété auquel s'ajoute une variabilité entre les variétés vis à vis de la teneur en azote et son rôle dans l'élaboration du rendement en grains, pendant les deux années d'expérimentation.

La décomposition du rendement en grains, en un nombre de grains /m<sup>2</sup> et un poids de mille grains permet de mieux comprendre l'origine de la différence de comportement variétal [70]. L'efficacité de l'absorption d'azote explique une large part de la variation du rendement (64%) quand le niveau d'azote est faible. A l'opposé, quand le niveau d'azote est fort, c'est l'efficacité d'utilisation qui est plus importante, ceci mène à une forte signification de l'interaction variété\*dose d'azote en raison des différences au niveau de l'azote absorbé [31].

Concernant les génotypes locaux, le lien négatif observé durant les deux années de culture entre le rendement en grains et l'azote total chez le génotype Hedba serait due à la corrélation négative établie durant la 1<sup>ère</sup> année entre l'azote total et le poids de mille grains à laquelle s'ajoute la corrélation positive et significative observée entre la longueur de la feuille étendard et l'azote total assimilé (Appendice D). En effet l'azote est plus efficace pour augmenter la surface foliaire que pour augmenter le rendement en grains [50].

De plus, un apport abondant en azote augmente la quantité en protéine des graines et diminue le rendement, cette relation négative entre le contenu en protéine et le rendement dans les hauts niveaux d'azote peut être attribuée au haut niveau de glucose perdu pour la synthèse des protéines [71].

De même, la corrélation négative enregistrée entre le rendement en grains et l'azote total au cours de la 2<sup>ème</sup> année serait attribuée aux corrélations négatives décelées entre l'azote total et le nombre de talles épiées ; la composante la plus

touchée par les fluctuations de l'efficacité d'absorption de l'azote est le nombre de grains par mètre carré qui est fortement lié au nombre de talles épiées [31].

-A l'opposé de tous les génotypes étudiés, Guemgoum a fait l'exception par des corrélations fortement et positivement significatives entre le rendement et l'azote total durant les deux années de culture, en raison des liens positifs et significatifs entre le nombre de talles épiées et l'azote total durant la 1<sup>ère</sup> année, bien que ces liens sont apparus négatifs avec le nombre de grains par épi d'un côté ; des liens positifs et significatifs entre le nombre de grains par épi et l'azote total de la 2<sup>ème</sup> année de l'autre côté (Appendice E).

Le génotype Guemgoum a montré une certaine plasticité à l'égard de ces deux milieux en raison de son bon enracinement qui a lui conféré une meilleure absorption et utilisation de l'azote notamment en 1<sup>ère</sup> année. En effet l'élaboration du rendement en grains est liée à la disponibilité de la plante en azote et non pas à l'azote fourni par le sol [70].

- S'agissant des génotypes importés, l'efficacité de la teneur en azote total dans l'élaboration du rendement en grains est exprimée par des corrélations significatives et positives entre le rendement en grains et l'azote total aux trois périodes ; de la floraison, de la maturité et des graines en 1<sup>ère</sup> année, probablement suite aux liens positifs et significatifs entre le nombre de grains par épi et l'azote total, chez les génotypes Acalou et Ardenté ; aux liens positifs et significatifs entre le nombre de talles épiées et l'azote total chez Excalabur et aux liens légèrement significatifs entre le nombre de talles épiées et l'azote total chez Nefer en raison d'une corrélation significative observée pour le nombre de talles herbacées (Appendice D). Dans le cas où l'azote du sol est faible, une légère augmentation de la disponibilité de l'azote permet un accroissement important du rendement, induisant ainsi une diminution de la teneur en protéine des grains [48]. De ce fait, nous pensons que l'élaboration du rendement sera une priorité dans les cas déficitaires en azote, cela pourrait expliquer les corrélations positives que nous avons trouvé entre le rendement en grains et la teneur en azote total pendant la 1<sup>ère</sup> année.

Néanmoins, tous les génotypes importés ont présenté des liens négatifs durant la 2<sup>ème</sup> année. La teneur en azote du sol était assez élevée, SELLES et

JAMES (2000) ont observé que dans les sols où l'apport en azote est élevé, la teneur en protéines augmente avec celle de l'azote assimilé, alors que le rendement en grains ne réagit pas ou même diminue.

Dans les zones où l'apport en azote est suffisant, l'augmentation relative du rendement en grains est inférieure ou égale à celle de l'assimilation d'azote, cela pourrait justifier ce que nous avons obtenu au cours de cette année.

L'existence d'une corrélation positivement significative entre le nombre de grains par épi et l'azote total des graines chez Ardenté de la 2<sup>ème</sup> année (Appendice D) serait attribuée à l'élévation du coefficient de corrélation entre la longueur du col de l'épi et le taux de l'azote total des graines, ce qui peut probablement impliquer la notion de la force des puits (qui est le col de l'épi dans ce cas). Le col de l'épi contribue à l'augmentation du nombre des grains par épi, en assurant les métabolites nécessaires à la division cellulaire [66].

Des corrélation significatives et positives sont révélées chez Excalibur de la 2<sup>ème</sup> année, l'une entre le nombre de grains par épi et l'azote total à la floraison. L'augmentation de l'azote total affecte la capacité photosynthétique de la plante dans la période qui précède la floraison, d'où une meilleure division cellulaire et par conséquent l'élévation du nombre de grains par épi [25] et [51]. Une autre corrélation entre le poids de mille grains et le taux de l'azote total à la maturité et des graines (Appendice D) ; les génotypes riches en protéines ont un poids moins important que les génotypes pauvres en protéines à cause d'un niveau élevé des carbohydrates chez ces dernières [53].

## CONCLUSION GENERALE

Des espèces comme le blé sont fortement consommatrices d'engrais azotés. L'augmentation de l'efficacité d'assimilation de ces apports azotés aurait deux conséquences favorables : une diminution du coût des intrants pour le producteur et une réduction des pollutions des nappes phréatiques. Cependant, l'obtention d'un haut niveau de production, a été toujours une finalité essentielle dans les travaux de recherche des génotypes à haut potentiel de rendement en grains.

Beaucoup d'auteurs attribuent les variations dans l'expression des génotypes en terme de rendement en grains à l'état azoté dans lequel se trouve le génotype et non pas à la quantité d'azote disponible dans le sol.

Dans notre cas nous avons additionné à l'interaction génotype \*dose d'azote l'effet du milieu, afin de mieux caractériser les capacités d'absorption d'azote et d'élaboration du rendement en grains des génotypes importés et locaux mis en jeu, à travers cette étude menée en deux étapes.

Dans une première étape, le but a été d'analyser les variations du rendement en grains avec ses composantes principales, quelques caractères morphologiques et la durée des stades phénologiques, en fonction du fractionnement des doses d'azote tout au long de la croissance du blé, dans une tentative d'adapter les apports aux besoins de la plante.

Il semble que l'effet du génotype est plus ou moins perceptible sur la durée du cycle végétatif et les stades phénologiques. Par contre aucun effet du milieu n'est enregistré, ce qui pourrait offrir de nouvelles perspectives dans l'accessibilité des génotypes importés pour être utilisés comme sources de variabilité génétique dans les programmes de multiplication.

La dose D<sub>3</sub> a affecté la durée du cycle végétatif en 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> année de culture. En outre, le fait le plus marqué à retenir, est la stabilité de la durée du stade épiaison –floraison chez l'ensemble des génotypes étudiés et pour toutes

les doses d'azote apportées durant les deux campagnes. Le prélèvement de l'azote du sol diminue progressivement durant ce stade pour faire place à un recyclage des composés azotés protéiques des organes sénescents. Ces composés sont ensuite exportés vers le grain. De ce fait, l'efficacité et la régulation des processus de recyclage de l'azote organique et son exportation vers le grain conditionnent fortement le rendement, d'où la nécessité d'envisager des études qui auront pour objectif la détermination des bases génétiques de l'efficacité d'utilisation de l'azote.

S'agissant des deux caractères le tallage herbacé et le tallage épié, bien que les génotypes étrangers sont connus par leur vigueur pour le nombre de talles émises, le témoin local Guemgoum associé à la dose  $D_3$  a manifesté une certaine supériorité pour le nombre de talles herbacées et épiées, en imposant ainsi une concurrence au génotype introduit Nefer associé à la dose  $D_2$  durant les deux années de culture. Il semble que le génotype Nefer s'est adapté avec notre climat semi aride et que Guemgoum s'est comporté comme un génotype amélioré. Pour cela, nous jugeons utile de prévoir l'utilisation de ces deux génotypes dans les programmes d'améliorations du blé dur comme des géniteurs.

Les conditions de milieu ont pu entraîner une certaine fluctuation dans l'expression des génotypes concernant La hauteur de la paille, la longueur de la feuille étendard et la longueur du col de l'épi. Il est à noter qu'un apport d'azote au moment de la montaison ( $D_2$ ) serait bénéfique pour la croissance des génotypes à paille naine en améliorant ainsi leur efficacité à la lumière en faveur du rendement. D'une manière générale, le bon développement de la hauteur de la paille et la longueur de la feuille étendard a nettement amélioré le rendement en grains au niveau de la dose  $D_3$  et  $D_2$ . En effet, ce résultat peut nous offrir des opportunités pour une meilleure utilisation des génotypes à paille naine, si l'azote apporté dans les périodes propices peut compenser la baisse de la taille des plantes, qui risque d'entraîner une réduction des autres organes de la plante (épis, graines).

Le fractionnement de l'azote en trois apports ( $D_3$ ) associé aux conditions de milieu favorables (température et pluviométrie) ont un effet non négligeable sur l'expression de l'ensemble des génotypes concernant le nombre de grains par épi,

le poids de mille grains et le rendement, notamment le génotype Ardenté pour le nombre de grains par épi et le génotype Acalou pour le poids de mille grains et le rendement en grains. Il a aussi été montré que le génotype local Guemgoum a manifesté une plasticité remarquable à l'égard de ses deux milieux d'implantation au niveau de la dose  $D_3$  en donnant de bons rendements en grains pendant les deux campagnes. La forte variabilité annuelle et interannuelle enregistrée à travers les coefficients de corrélations entre le rendement en grains et l'ensemble des caractères testés chez les génotypes étudiés, nous a permis de conclure que l'obtention de hauts rendements dépend d'autant plus de facteurs abiotiques que de génotype.

La culture des génotypes en plein champ nous a permis d'avoir une idée sur les capacités d'adaptation des génotypes introduits au milieu semi aride. Cependant, il nous a été difficile d'isoler l'effet de l'azote seul sur l'élaboration du rendement en grains et ses composantes. Il est nécessaire d'envisager un suivi complémentaire avec les mêmes génotypes dans des conditions contrôlées (culture en serres) pour prédire les conséquences de différentes modalités de fertilisation azotée sur le rendement en grains.

La seconde étape avait pour objectif la détermination des capacités d'absorption et de valorisation de l'azote en terme de rendement en grains par le biais de l'azote total absorbé en trois périodes de développement (à la floraison, à la maturité et des graines) et des corrélations mises en évidence entre le rendement en grains et l'azote total absorbé. De ce fait l'élément majeur pris en compte pour cette étape est la composition du sol en azote total.

En effet, une forte variation interannuelle a été signalée dans la teneur de la plante et des graines en azote total due essentiellement à la variation de la teneur du sol en azote durant les deux campagnes. Les génotypes Nefer et Hedba associés à la dose  $D_3$  ont présenté une supériorité dans la teneur en azote total à la floraison. Toutefois, une élévation de la teneur en azote a été relevée au niveau des graines notamment chez les génotypes Hedba et Acalou associés à la dose  $D_3$ .

Les corrélations mises en évidence entre l'azote total et la durée des stades phénologiques notamment à la floraison et des graines chez les génotypes introduits met un accent particulier sur l'importance de la précocité ou le raccourcissement du cycle de végétation chez ces génotypes dans l'assimilation et la remobilisation d'azote et par la suite sur l'élaboration du rendement en grains.

Cependant, Les corrélations établies entre le rendement en grains avec ses composantes principales et l'azote total ont permis de mettre le point sur la différence du comportement variétal à une nutrition azotée sub-optimale (la 1<sup>ère</sup> année de culture) et une nutrition azotée sur -optimale (la 2<sup>ème</sup> année de culture). Les besoins en azote des plantes dépendent de leurs rendements, de ce fait il est nécessaire pour toutes comparaisons de ramener la dose utilisée au rendement obtenu. Pour être efficace, l'estimation des reliquats d'azote constitue le point de départ de toute fertilisation adéquate. Elle est la base de l'ajustement de la fumure azotée. L'apport doit être fractionné pour mettre l'azote à la disposition de la plante lorsqu'elle est capable de le valoriser pleinement.

## RECOMMANDATIONS

- L'anéantissement de l'effet du milieu sur la durée du cycle végétatif et la durée des stades phénologiques pourrait offrir de nouvelles perspectives dans l'accessibilité des génotypes importés pour être utilisés comme sources de variabilité génétique dans les programmes de multiplication.
- L'efficacité et la régulation des processus de recyclage de l'azote organique et son exportation vers le grain conditionnent fortement le rendement, d'où la nécessité d'envisager des études qui auront pour objectif la détermination des bases génétiques de l'efficacité d'utilisation de l'azote.
- Il semble que le génotype Nefer s'est adapté avec notre climat semi aride et que Guemgoum s'est comporté comme un génotype amélioré. Pour cela, nous jugeons utile de prévoir l'utilisation de ces deux génotypes dans les programmes d'améliorations du blé dur comme des géniteurs.
- Les meilleurs résultats obtenus au niveau de la dose D2 et la dose D3 pour la longueur de la paille peut nous offrir des opportunités pour une meilleure utilisation des génotypes à paille naine, si l'azote apporté dans les périodes propices peut compenser la baisse de la taille des plantes, qui risque d'entraîner une réduction des autres organes de la plante (épis, graines).
- Il est nécessaire d'envisager un suivi complémentaire avec les mêmes génotypes dans des conditions contrôlées (culture en serres) pour isoler l'effet de l'azote seul et prédire les conséquences de différentes modalités de fertilisation azotée sur le rendement en grains.
- Les besoins en azote des plantes dépendent de leurs rendements, de ce fait il est nécessaire pour toutes comparaisons de ramener la dose

utilisée au rendement obtenu. Pour être efficace, l'estimation des reliquats d'azote constitue le point de départ de toute fertilisation adéquate.

- La différence de comportement variétal vis-à-vis d'une nutrition azotée suboptimale (carence azotée) et une autre suroptimale (excès d'azote), ou il semble que le génotype Guemgoum a manifesté une bonne plasticité pour les carences azotées ; nécessite des études physiologiques et moléculaires pour élucider les différences de comportement.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- 1. DEMARLY Y.**, “ Génétique et amélioration des plantes ”, édition Masson, (1977), P 520.
- 2. DAUSSINAULT, G., KAAAN, F., LECANTE, C et MONNEVEUX, P.**, “ Les céréales à paille. Présentation générale ”, Amélioration des espèces végétales cultivées. Gallais et Bannerot édition, (1992), Pp 14-21.
- 3. ANONYME.**, “ Les céréales ”, INA P-G-Département AGER., 2003.
- 4. MORANCHO, J.**, “ Production et commercialisation du blé dur dans le monde ”. CIHEAM- Options mediterraneennes, (2001), Pp 29-33.
- 5. ANONYME.**, “ Le blé situation et perspective ”, Le bulletin bimensuel, Vol 14, N°12, (2001) -a.
- 6. ST Pierre –CAUDERON, A.**, “ Complexe d’espèces, flux de gènes et ressources génétiques des plantes ”, Colloque international, édition Lavoisier, (1992), Paris.
- 7. BOUSSALHIH, I.**, “ Hybridation diallèle de six variétés de blé dur ”, Thèse de magister, option Amélioration des plantes, Uni-Blida, (1997), Pp18-23.
- 8. AURIAU, P., DOUSSINAULT, G., JAHIER, J., LECOMTE, C., PIERRE, J et PLUSHARD, P.**, “ Le complexe d’espèces et les ressources génétiques ”, In Amélioration des espèces végétales cultivées, Gallais et Bannerot édition, (1992), Pp 21-38.
- 9. HENRY, Y et DE BUYSER, J.**, “ Le blé ”, Sciences hors séries, N°26, (2000), Pp 60-62.

- 10. VILAIN, M.**, “ Production végétale ”, Tome 1. Les composantes de la production, édition J.B Bailliere et fils, Paris,(1987), P 403.
- 11. PFEIFFER, W., SAYRE, K et REYNOLDS, M.**, “Enhancing genetic grain yield potential and yield stability in durum wheat”, CIHEAM, Options méditerranéennes, (2005), Pp 83-92.
- 12. BENBELKACEM, A.**, “ Etude de l’adaptation variétale des céréales cultivées en Algérie sous différentes conditions Agro-Ecologiques ”, Valorisation des bio-ressources et techniques de production en zones semi-arides, (1999), Pp 85-93.
- 13. GRIGNON, C., THIBAUD, J et LAMAZE T.**, “ Transport du nitrate par la racine. In assimilation azotée chez les plantes ”, édition Morot-Gaudry J.F, INRA Paris, (1997), Pp 28-41.
- 14. BALDY C.**, “ Quelques réflexions concernant les caractères du rendement des blés ”. Ann. Amé des plantes N° 24 (2), (1974), Pp 193-199.
- 15. NACHIT, N., BAUM, M., ANTRIQUE, E., SORREL, M., ALIDIB, T et MONNEVEUX, P.**, “ Association of morphophysiological traits with RFLP markers in durum wheats ”, In diversité génétique et amélioration variétale, édition INRA, Paris, (1992), Pp 15-17.
- 16. SOLTNER D.**, “ Les bases de la production végétale ”, Tome 1, Le sol, 11<sup>ème</sup> Edition,(1988), P 448.
- 17. PASQUALONE, A., LOTTI, C., BRUNO, A et DEVITA P.**, “Use of ISSR markers of cultivar identification in durum wheat”, CIHEAM- Options méditerranéennes, (2000), Pp 157-161.
- 18. LETERME, P., MANICHOU, E., ROGER, J.**, “ Analyse intégrée des rendements du blé tendre et de leurs causes de variation dans un réseau de parcelles d’agricultures du Thymerais ”, Agr (1994), N°14, Elsevier INR, Pp 341-361.

- 19. ARAUS, J., CASADESUS, J., BORT, J., NACHIT, M., VILLEGAS, D., APARCIO, N et ROYO, C.,** “Some remarks on ecophysiological traits for breeding”, CIHEAM, Options méditerranéennes, (2002), Pp 57-61.
- 20. ANONYME.,** “ Amélioration du blé ”, CRC, Winnipeg centre de recherche sur les céréales, (2004), Pp 1-3.
- 21. ROYO, C., GARCIA DEL MORAL, L., APARCIO, M., VILLEGAS, D., CASADESUS, J et ARAUS, J.,** “Tools for improving the efficiency of durum wheat selection under mediterranean conditions”, CIHEAM, Options Méditerranéennes, (2003), Pp 63-68.
- 22. ABBAD, H., ELJAAFARI, S., BORT-JORDI, H et AROUS, J-L.,** “Comparision of flag leaf and ear photosynthesis with biomass and grain yield of durum wheat under various water conditions and genotypes”, Agro for sustainable development. N°24, (2004), Pp 19-28.
- 23. ABAD, A., LIOVERAS, J., MICHELENA, A et FERRAN, J.,** “Nitrogen fertilization effects on yield and quality of durum wheat in the Ebro valley (Spain)”, CIHEAM, Options Méditerranéennes, (2003), Pp 575-577.
- 24. BOYELDIEU, J.,** “ Les cultures céréalières ”, édition nouvelle Encyclopédie Hachette, (1980), P 255.
- 25. FIELD, C et MOONEY, H.,** “The photosynthesis-nitrogen relationship in wild plants”, In GIVNISH T Edition, On the economy of plant form and function, Cambridge Uni Press, (1986), Pp25-55.
- 26. DESCIAUX, D.,** “ Qualité de blé dur en zone traditionnelle ”, Synp international Territoires et enjeu de développement régional, (Mars2005).
- 27. BALLA, L., BEDO, Z et LANGE, L.,** “The aims and results of wheat breeding in Hungary”, edition Academy of sci. Hungary.H.2462, (1989), Pp. 109-116.

- 28. GALLAIS, A et BANNEROT, H.**, “ Amélioration des espèces végétales cultivées ”, édition INR, Paris, (1992), P768.
- 29. OURRY, A., KIM, T et BOUCAUD, J.**, “ Relationships between their availability and regrowth Yield ”, Plant Physiol, (1994), Pp 105, Pp 831-837.
- 30. BENBELKACEM, A et KELLOU, K.**, “ Evaluation du progrès génétique chez quelques variétés de blé dur cultivées en Algérie ”, CIHEAM, Options Méditerranéennes, (2000), Pp 105-110.
- 31. LE GOUIS.**, “ Adaptation du blé tendre à une alimentation azotée sub-optimale ”. Rapport général d’activité de recherche, (2005).
- 32. EHDAIE, B., REZA SHAKIBA, M et WAINES, J.**, “ Path analysis of genotype x environment interactions of wheats to nitrogen ” Agro n°19. INRA Elsevier, Paris, (2000), Pp 45-56.
- 33. BENCHOHRA, B et BENABDELI, K.**, “ Impact of climatic risk on durum wheat yields in semiarid regions ”, Ann ecophysiological approach, Sci, Vol. 11. n°1, (2000), Pp 45-51.
- 34. BOUZERZOUR, H et MONNEVEUX, P.**, “ Analyse des facteurs de stabilité du rendement de l’orge dans les conditions des hauts plateaux de l’Est d’Algérie ”, In séminaire sur la tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéennes, INRA, (1992) Pp139-158
- 35. AISSANI, N.**, “ Etude des composantes de rendements de quelques variétés de blé dur ”. Thèse ing, Agro option biosystématique et amélioration des plantes, Uni Constantine, (1989), Pp 47-57.
- 36. VIAUX, P.**, “ Une 3<sup>ème</sup> voie en grande culture, environnement, qualité, rentabilité ” édition France agricole, (1999), P 231.

- 37. JUSTES, E., JEUFFROY, M et MARY, B.:** “Wheat, barley, and durum wheat”, LEMAIRE G. edition, Diagnosis of the nitrogen status in crops, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (1997), Pp 73-91.
- 38. SMIRNOV, P., MOURAVINE, E., STOROJENKO, V et RAKIPOV N.,** “L’agrochimie”, édition Mir Moscou, (1977), P 275.
- 39. NIJHOFF, M.,** “Soil, water and nitrogen in mediterranean-type environments”. Developments in plant and soil sciences, MONTEITH edition, V n°1, (1981), P330.
- 40. LACROIX, R.,** “Azote, cultures légumières et fraisier. Environnement et qualité”, édition techniques et documentations, (2000), Pp 11-45.
- 41. JEUFFROY, M., NEY, B et OURRY, A.,** “Integrated physiological and agronomic modelling of N capture and use within the plant”, Journal of experimental botany, V 53 n°370, (2001), Pp 809-823.
- 42. REMY, J et HEBERT, J.,** “Le devenir des engrais azotés dans le sol”, C.R. Acad. Agri. Fr, (1977), Pp 63. 700 - 710.
- 43. GATE, P et GIBAN, M.,** « Stades du blé », Revue Arvalis ITCF, (2003), Pp 10-63.
- 44. ANONYME.,** “Le blé”, D’après © Webencyclo des Editions Atlas, (2001)-b.
- 45. ANONYME.,** “Validation fonctionnelle d’un gène impliqué dans les mécanismes d’assimilation de l’azote et de remplissage du grain”, BIOGEMMA n°5, Paris, (2005)-a, Pp 2-9.
- 46. AUSTIN, R., FORD, M., EDRICH, J et BLACKWELL, R.,** “The nitrogen economy of winter wheat”, J, Agr Sci, Camb, (1976), Pp 88, 159-167.

- 47. DALLING, M et PEOPLES, M.**, "The interplay between proteolysis and amino acid metabolism during senescence and nitrogen reallocation", *Senescence and aging in plants*, Nooden L et Leopold A, édition Academic Press, (1988), Pp 181-217.
- 48. SELLES, F., et JAMES, D.**, " Gestion du rendement et de la teneur en protéines par l'application d'engrais azotée en couverture ", *Communication de la conférence sur les systèmes de culture des terres arides, Agriculture et Agroalimentaire*, (2000), Canada.
- 49. REGUIEG, Y., BELKHODJA, M et DEKKICHE, M.**, " Etude de la dynamique des éléments fertilisants (N.P) dans les grands types de sols céréaliers de la région de Tiaret », *Valorisation des bio-ressources et techniques de production en zones arides*, (2001), Pp126-140.
- 50. PEARMAN, I., THOMAS, S et THORN, G.**, " Effects of nitrogen fertilizer on the distribution of photosynthate during growth of spring wheat", *Ann. Bot.*, (1977), p 42, Pp 91-99.
- 51. NELSON, C et CASTAL, F.**, " Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue", *Plant physiol.*, (1994), Pp 105, 191-197.
- 52. CLIQUET, H., BOUTIN, J., DE PEENS, E et MOROT-GRAWDRY, J.**, "Ethephon effects on translocation and partitioning in maize", *Plant physiol Biochem*, n° 29 (6), (1991), Pp 623-630.
- 53. BLANCO, A.**, " Les réserves des plantes ". In *plant molecular biology*, n° 48, (2002), Pp 615-623.
- 54. CLIQUET, J., OURRY, A et BOUCAUD, J.**, " Mobilisation des réserves azotées chez les plantes herbacées ", In *assimilation azotée chez les plantes*, édition Morot-Gaudry J.F., INRA Paris, (2001), Pp 282-294.

- 55. REED, A., BELOW, F ET HAGEMAN, R.**, "Grain protein accumulation and the relationship between leaf nitrate reductase and protease activities during grain development in maize. Variation between genotypes", *Plant physiology*, (1980), Pp 66.164-170.
- 56. DALLING, M.**, "The physiological basis of nitrogen redistribution during grain falling in cereals". In *Exploitation of physiology and genetic variability to enhance crop productivity*, Harper J.E et HOWELE R. Editions, American society of plant physiology, (1985), Pp 55-71.
- 57. BELAID, D.**, "Aspects de la céréaliculture Algérienne", Polycopié O.P.U Alger, (1986), Pp 14-17.
- 58. SADLI, F.**, "La qualité technologique et biochimique des blés cultivés en Algérie", *Revue céréaliculture n°26*, (1993), Pp2-15.
- 59. BENBELKACEM, A., SADLI, F et BRINIS L.**, "La recherche pour la quantité de blé dur en Algérie", In *qualité du blé dans la région méditerranéenne, Option méditerranéenne n°22, Série A*, (1993), Pp 61-65.
- 60. LAUMONT, P et ERROUX, J.**, "Mémoire de la société d'histoire naturelle de l'Afrique du nord", (1961), P 95.
- 61. HAFSI, M et BOUZERZOUR, H.**, "Diagnostic du comportement variétal du blé dur dans les hautes plaines Sétifiennes", *Colloque n°64*, (1993), édition INRA, Paris
- 62. GUENOCHÉ, B et DENIS, J.**, "Selecting varieties using a series of trials and combinational ordering method", *Agro*, n°14, (1994), Pp 363-375.
- 63. CLEMENT, M et PRATS, J.**, "Les céréales", J.B Bailliére et Fils édition, (1975), P 351.

- 64. BOUZERZOUR, H., BENAHMED, A et HASSOUS, K.,** “ Variabilité génétique, héritabilité et corrélation entre caractères mesurés sur orge en milieu semi aride ”, Rev Céréaliculture n°30, (1991), Pp 11-15.
- 65. LARBI, A et BENDJAMA, O.,** “ Comportement de quelques variétés de blé dur en zone semi-aride ”, Valorisation des bio-ressources et techniques de production en zones arides, (1993), Pp 94-97.
- 66. OURRY, F., TRIBOI, E., BERARD, P., OLLIER, J et ROUSSET M.,** “ Etude des flux de carbone et d’azote chez des blés hybrides et leurs parents, pendant la période de remplissage des grains ”, Agr, (1995), n°15, Elsevier INRA, Pp 193-204.
- 67. DAALOU, L A., BCHINI, H et SAYAR R.,** “ Variabilité génétique de quelques paramètres du système racinaire du blé dur ”, FAO-IPGRI, Issue n°129, (1995), Pp 25-31.
- 68. HAMZOUNE, T.,** “ Erosion des variétés de blé dur cultivées en Algérie Perspectives ”, CIHEAM, Options mediterraneennes, (2000), Pp 291-294.
- 69. ABROL, P et INGRAM, T.,** “ Les effets de la hausse des températures diurnes et nocturnes sur la croissance et les rendements de certaines plantes cultivées ”, Physiologie des plantes, India agricultural institute, New Delhi India, (2003).
- 70. JEUFFROY, M., BARRE, C., BOUCHARD, C., DEMOTES, S., DEVIENNE-BARRET, F., GIRARD, M et RECONS, S.,** “ Fonctionnement d’un peuplement de blé en conditions de nutrition azotée sub-optimale ”, Fonctionnement des peuplements végétaux sous contraintes environnementaux, Colloque n° 93, édition INRA Paris, (2000).
- 71. BENZIAN, B et LANE, P.,** “ Some relationships between grain yield and grain protein of wheat experiments in South-East England and comparisons with such relationships elsewhere ”, J.Sci. Food Agro n° 30, (1979), Pp 59-70.

- 72. MOREL, R.**, “ Les sols cultivés ”, 2<sup>émé</sup> Ed Lavoisier, (1996), P385. Pp 188-197.
- 73. BONJEAN, A.**, “ Histoire de la culture des céréales et en particulier de celle du blé tendre ”, Dossier de l’environnement de l’INRA, n°21, (2003), Pp 29-37.
- 74. GODEFROY, J.**, “ Etude de reconnaissance Agropédologique du verger d’agrumes d’El Chlef ”, (1985), Pp 1-7.
- 75. ICHIR, L.**, “Recovery of wheat residue nitrogen<sup>15</sup> and residual effects of N fertilisation in wheat cropping system under mediterranean conditions”, African Crop science journal 176, V11 n° 1, (2003), Pp27-34.
- 76. HELLER, R.**, “ Biologie végétale, Tome II, Nutrition et métabolisme ”, édition Masson et Fils, (1969), P 578.
- 77. LANGER, R et LIEW, F.**, “Effect of varying nitrogen supplies at different stages of the reproductive phase on spikelet and grain production and on grain nitrogen of wheat”, Aust J. Agri, Res, (1973), p24, Pp 647-656.
- 78. LE GOUS, J., JEUFFROY, M., HAMMEZ, E et PLUCHARD, P.**, “ Différences variétales pour le fonctionnement du blé tendre en conditions de nutrition azotée sub-optimale. Euphytica ”, Fonctionnement des peuplements végétaux sous contraintes environnementales, Colloque n°93, édition INRA, Paris, (2000).
- 79. HAFSI, M., MONNEVEUX, P., MERAH, O et DJEKOUNE, A.**, “ Discrimination isotopique du carbone et rendement du blé dur dans les hautes plaines Sétifiennes, Algérie ”, Science et changement planétaire, V12, n°1, (2001), Pp 37-34.
- 80. ACEVEDO, E.P., CRAUFURD, R., AUSTIN, D et PEREZ, P.**, “ Traits associated with high Yield in barley in low rainfall environments”, J .Agri.Sci, Cam, (1991), Pp116, 23-26.

- 81. ANONYME.**, “ Du blé au pain ”, Ferme « Longuevergne » 12550. COUPIAC. Rodier, (2005)-b, [lucette@tiscali.fr](mailto:lucette@tiscali.fr).
- 82. CARREK, N., CHRISTIAN, D.**, “Studies on the patterns of nitrogen uptake and translocation to the grain of winter barley intended for malting”, Ann Appl Biol n°119, (1991), Pp 549-559.
- 83. EVANS, L ET WARDLAW, I.**, “Aspects if the comparative physiological journal of grain yields in cereals adv”, Agro, (1976), p28. Pp 301-359.
- 84. CSEUZ, L., MATUZ, J et BEKE, B.**, “Annual effect on grain quality of winter durum wheat in Szeged, Hungary”, CIHEAM- Options mediterraneenne, (2000), Pp133-135.
- 85. BELDJOURI, Z et DAOUD, Y.**, “ Etude expérimentale de l’influence des conditions salines sur l’assimilation de l’azote par le blé ”, Valorisation des bio-ressources et techniques de production en zones arides, (2001), Pp115-120.
- 86. MEZIANE, L., BENMOUMEN, A., HAMOU, M., BRINIS, L et MONNEVEUX, P.**, “ Essai de définition des caractères d’adaptation du blé dur dans les différentes zones Agro climatiques de l’Algérie ”, Colloque n°64, édition INRA, Paris, (1993).
- 87. AMZERT D.**, “ Influence d’un itinéraire technique sur la production du blé dur dans le moyen Cheliff ”, Thèse de magister option phytotechnie, INA d’EL HARRACH, (1998).
- 88. DOUSSINAULT, G.**, “ La sélection pour la résistance aux parasites.Application au blé tendre ”, Ann. Amé des plantes, n° 8 (4), (1978), Pp 35-43.
- 89. AUDIGIE, Cl.** ; “ Manipulations d’analyse biochimique ”, DOIN Editeurs, Paris, (1978), Pp 1-5.

**90. LASNIER LA CHAISE, L.,** « Agronomie moderne et pratique », In la terre  
Encyclopédie paysanne le Roy J. Flammarion Ed Paris, (1963), P284.

## **APPENDICE B**

### **Méthodes d'analyses**

#### **1. Détermination de la matière sèche**

##### **Mode opératoire**

La détermination de la matière sèche se fait par la méthode de référence n° 0695-04 [90].

La pesée est effectuée sur les parties aériennes de la plante avant et après un séchage réalisé dans une étuve à 105°C durant 3 heures, selon la formule suivante :  $MS \text{ en g } / 100 = P_2 / P_1 \times 100$   $P_1$  : poids avant séchage,  $P_2$  : poids après séchage.

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

Dosage par la méthode de KJELDAHL, de référence n°079606.

##### **Mode opératoire**

###### **a) La minéralisation**

2g de débris de la paille (à la floraison ou à la maturité) ou de la poudre des graines dissous dans 15 ml d'acide sulfurique ( $d = 1.84$ ) et 2g d'un catalyseur composé de 100g de  $K_2SO_4$ , 20g de  $CuSO_4$  et 2g de Sélénium. Le mélange est chauffé jusqu'à décoloration.

L'azote organique est transformé en azote minéral.

## **b) Distillation et dosage**

-Dilution du mélange de la minéralisation par 50 ml d'eau déminéralisée et en le neutralisant avec 30ml de NaOH à 50 % avec quelques gouttes de Phénylphtaleine à 1%.

- Placer la solution dans le distillateur de BUCHI.

-Le distillat est recueilli dans une solution de 25 ml d'acide borique à 2 % et quelques gouttes d'indicateur mixte de rouge de méthyle et de bleu de méthyle à 0.2 %.

La distillation est achevée lorsqu'il y'aura le virement de la couleur de l'indicateur du rose au vert.

-Le dosage de l'azote minéral se fait par titrage avec de l'acide chlorhydrique (HCL) à 0.2 N.1 ml d'HCL correspond à 2.803mg d'N (NH<sub>4</sub>).

## APPENDICE C

### Résultats de l'analyse de la variance

#### Résultats de l'analyse de la variance de la durée des stades phénologiques

Semis-levée				Tallage-montaison				Montaison-épiaison				Floraimatu		Cycle végé			
1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année	
Var	Mo	Var	M	Var	Mo	Var	Mo	Var	Mo								
G	24	G	24	H	56	G	58	H	48	H	48	H	54	H	211	H	211
H	24	H	24	G	56	H	56	G	44	G	46	G	55	G	207	G	210
EX	23	EX	23	EX	54	N	53	AR	36	N	35	N	54	EX	193	N	193
N	22	N	23	N	54	EX	53	EX	35	AR	34	EX	52	AR	190	EX	191
AC	21	AR	23	AC	53	AC	52	N	35	EX	34	AR	51	N	190	AR	189
AR	20	AC	23	AR	52	AR	52	AC	32	AC	34	AC	52	AC	189	AC	188

Variable	Effet génotype (G)				Effet dose d'azote (D)				CV	
	1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> anné	2 <sup>ème</sup> anné
	Prob	Test F	Pro	Test F	Prob	Test F	Pro	Test F		
Semis-levée	0.02	3.49	0.00	5	0.24	1.53	0.00	27.50	7.8%	1.9%
Levée-tallage	0.81	0.44	0.98	0.10	0,60	0,64	0.02	4.29	12.6%	9.9%
Tallage-montais	0.00	7.27	0.00	17.16	0.03	3.87	0.01	4.74	2.3%	1.9%
Montais on-épiaison	0.00	14.84	0.00	109.9	0.79	0.34	0.04	3.30	7.6%	3.3%
épiaison - floraison	0.73	0,55	0.90	0,30	0.09	2,52	0.23	1,59	7.7%	6.9%
Floraison - maturité	0,09	2.34	0.00	11.57	0.94	0,12	0.46	0,89	3.8%	2.1%
Cycle végétatif	0.00	79.35	0.00	75.11	0.02	3.94	0.02	4.18	1.1%	1.3%

Semis-levée		Levée-tallage		Tallage-montaison				Montaison-épiaison		Cycle végétatif			
2 <sup>ème</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année	
dos e	mo y												
D <sub>0</sub>	24	D <sub>2</sub>	16	D <sub>3</sub>	56	D <sub>3</sub>	55	D <sub>3</sub>	39	D <sub>3</sub>	199	D <sub>3</sub>	200
D <sub>1</sub>	24	D <sub>3</sub>	14	D <sub>2</sub>	54	D <sub>2</sub>	55	D <sub>1</sub>	39	D <sub>2</sub>	197	D <sub>2</sub>	197
D <sub>3</sub>	21	D <sub>1</sub>	14	D <sub>1</sub>	53	D <sub>1</sub>	54	D <sub>0</sub>	38	D <sub>0</sub>	196	D <sub>1</sub>	196
D <sub>2</sub>	22	D <sub>0</sub>	13	D <sub>0</sub>	52	D <sub>0</sub>	53	D <sub>2</sub>	38	D <sub>1</sub>	196	D <sub>0</sub>	195

Interaction année*dose									
TE		Rdt (qx/ha)		AZF (%)		AZM (%)		AZG (%)	
année*dose	moy	année*dose	moy	année*dose	moy	année*dose	moy	année*dose	moy
D <sub>1</sub> *2 <sup>e</sup> année	6.48	D <sub>3</sub> *1 <sup>e</sup> année	86	D <sub>3</sub> *2 <sup>e</sup> année	1.59	D <sub>3</sub> *1 <sup>e</sup> année	1.26	D <sub>3</sub> *2 <sup>e</sup> année	2.03
D <sub>3</sub> *1 <sup>e</sup> année	5.44	D <sub>2</sub> *1 <sup>e</sup> année	70.56	D <sub>3</sub> *1 <sup>e</sup> année	1.45	D <sub>3</sub> *2 <sup>e</sup> année	1.05	D <sub>2</sub> *2 <sup>e</sup> année	1.51
D <sub>2</sub> *2 <sup>e</sup> année	5.08	D <sub>1</sub> *1 <sup>e</sup> année	61.78	D <sub>2</sub> *2 <sup>e</sup> année	1.13	D <sub>2</sub> *2 <sup>e</sup> année	0.70	D <sub>3</sub> *1 <sup>e</sup> année	1.23
D <sub>0</sub> *2 <sup>e</sup> année	5.07	D <sub>0</sub> *1 <sup>e</sup> année	58.15	D <sub>1</sub> *2 <sup>e</sup> année	0.85	D <sub>1</sub> *2 <sup>e</sup> année	0.54	D <sub>1</sub> *2 <sup>e</sup> année	1.14

TH				TE				TE / TH			
Effet dose d'azote				Effet dose d'azote				Effet dose d'azote			
1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année	
dose	moy	dose	moy	dose	moy	dose	moy	dose	Ratio	dose	Ratio
D <sub>3</sub>	10.23	D <sub>1</sub>	12.32	D <sub>3</sub>	5.44	D <sub>1</sub>	6.48	D <sub>1</sub>	57%	D <sub>1</sub>	51%
D <sub>2</sub>	8.73	D <sub>2</sub>	12.21	D <sub>2</sub>	4.63	D <sub>2</sub>	5.08	D <sub>0</sub>	55%	D <sub>0</sub>	49%
D <sub>1</sub>	7.68	D <sub>3</sub>	10.33	D <sub>1</sub>	4.42	D <sub>0</sub>	5.07	D <sub>2</sub>	53%	D <sub>2</sub>	41%
D <sub>0</sub>	7.28	D <sub>0</sub>	10.27	D <sub>0</sub>	4.03	D <sub>3</sub>	4.16	D <sub>3</sub>	53%	D <sub>3</sub>	40%

Interaction année*génotype							
TH		LFE (cm)		LCE (cm)		AZG (%)	
génotype*année	Moy	génotype*année	Moy	génotype*année	Moy	génotype*année	Moy
N*2 <sup>e</sup> année	14	AR*1 <sup>e</sup> année	17	H*1 <sup>e</sup> année	30.43	H*2 <sup>e</sup> année	1.62
EX*2 <sup>e</sup> année	12	EX*1 <sup>e</sup> année	16.63	G*1 <sup>e</sup> année	26.50	AC*2 <sup>e</sup> année	1.46
AC*2 <sup>e</sup> année	11	AR*2 <sup>e</sup> année	16	AC*1 <sup>e</sup> année	22.02	N*2 <sup>e</sup> année	1.35
H*2 <sup>e</sup> année	11	G*1 <sup>e</sup> année	15.46	N*1 <sup>e</sup> année	21.49	G*2 <sup>e</sup> année	1.30
G*2 <sup>e</sup> année	10	AC*2 <sup>e</sup> année	15.45	AR*1 <sup>e</sup> année	21.05	EX*2 <sup>e</sup> année	1.20
AR*2 <sup>e</sup> année	10	H*2 <sup>e</sup> année	15	EX*1 <sup>e</sup> année	20.25	AR*2 <sup>e</sup> année	1.10

Variable	Effet Année*génotype		Effet Année*dose		CV
	Prob	Test F	Prob	Test F	
TH	0.004	5.47	0.27	1.41	11.4%
TE	0.80	0.43	0.007	5.94	19.17%
HP	0.05	2.85	0.90	0.18	6.5%
LFE	0.01	4.10	0.56	0.71	7.2%
LCE	0.0008	8.00	0.11	2.33	6.4%
NGE	0.45	1.00	0.96	0.09	11.2%
PMG	0.28	1.37	0.90	0.18	25.7%
RDt	0.39	1.10	0.01	4.52	25.7%
AZF	0.77	0.50	0.00	25.82	15.1%
AZM	0.27	1.40	0.000	19.82	22.1%
AZG	0.04	3.10	0.00	20.61	14.5%

Le nombre de grains /épi				Le poids de mille grains en (g)	
Effet dose d'azote				Effet dose d'azote	
1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		2 <sup>ème</sup> année	
dose	moy	dose	moy	dose	moy
D3	41.90	D3	28.03	D2	24.40
D2	40.30	D2	26.75	D1	22.23
D0	39.01	D0	26.48	D3	22.17
D1	38.40	D1	26.04	D0	22.14

Caractères Morphologiques	Effet génotype*dose	
	1 <sup>ère</sup> année	
	génot*dose	moy
Hauteur de la plante (cm)	H*D2	93.20
	H*D1	78.40
	H*D3	76.75
	G*D0	73.40
	G*D1	72.47
	H*D0	70.53
Longueur de la feuille étendard (cm)	AR*D3	18
	EX*D0	18
	AR*D0	17
	AR*D2	17
	G*D1	17.25
	EX*D1	17

Caractères Morphologiques	Effet de la dose d'azote			
	1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année	
	Dose	moy	Dose	moy
Hauteur de la plante (cm)			D1	55.50
			D2	54.11
			D3	53.52
			D0	51.86
Longueur de la feuille étendard	D0	15,41		
	D1	15		
	D3	14.52		
	D2	14.34		
Longueur du col de l'épi (cm)			D1	16
			D2	15
			D3	14

Rendement qx/ha			
Effet de l'interaction génotype*dose			
1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année	
génot*dose	moy	génot*dose	moy
AC*D3	129.37	EX*D2	57.14
AR*D3	97.30	AR*D1	56.40
N*D3	85.90	N*D2	51.79
G*D3	82.93	AC*D1	48.29
AC*D1	80	N*D1	42.39
EX*D3	77.28	G*D3	42.30

Rendement (qx/ha)			
Effet dose d'azote			
1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année	
dose	moy	dose	moy
D <sub>3</sub>	86	D <sub>1</sub>	43.11
D <sub>2</sub>	70.56	D <sub>2</sub>	38.26
D <sub>1</sub>	61.80	D <sub>0</sub>	35.29
D <sub>0</sub>	58.15	D <sub>3</sub>	29.97

**Résultats de l'analyse de la variance des caractères morphologiques et du rendement avec ses composantes principales**

TH : talles herbacées, TE : talles épiées, HP : hauteur de la plante, LFE : longueur de la feuille étendard, LCE : longueur de col de l'épi, NGE : nombre de grains par épi, PMG : poids de mille grains, Rdt : rendement en grain, AZF : azote total de la période floraison, AZM : azote total de la période de maturité, AZG : azote total des graines, G : génotype, D : dose, Prob : probabilité, CV : coefficient de variation

Variable	Effet génotype (G)				Effet dose d'azote (D)				Effet G* D				CV	
	1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> année		2 <sup>ème</sup> année		1 <sup>ère</sup> année	2 <sup>ème</sup> année
	Prob	Test F	Prob	Test F	Prob	Test F	Prob	Test F	Prob	TesF	Prob	TesF		
TH	0.00	100.12	0.00	8.04	0.00	236.9 2	0.00	7.73	0.00	51.5	0.99	0.29	4.3%	15.4%
TE	0.00	30.74	0.00	32.52	0.00	93.09	0.00	267.5 9	0.00	28.4	0.00	64.9 1	5.6%	4.8%
HP	0.00	78.18	0.00	117.9 2	0.07	2.5	0.02	3.52	0.0001	4.03	0.15	1.48	8.2%	6.3%
LFE	0.00	35.61	0.03	2.73	0.03	3.15	0.74	0.42	0.006	2.60	0.75	0.72	7.7%	12.7
LCE	0.00	30.18	0.00	22.53	0.40	1	0.00	6.91	0.35	1.13	0.09	1.65	10.7%	10.7%
NGE	0.00	118.76	0.00	669.32	0.00	14.22	0.00	24.94	0.00	21.70	0.00	95.56	4.4	2.7
PMG	0.00	45.88	0.00	35.67	0.39	1.02	0.00	53.55	0.00	17.35	0.00	83.08	5.2%	2.8%
Rdt	0.00	458.88	0.00	559.09	0.00	984.1 2	0.00	554.4 0	0.00	270.1 6	0.00	261.0 9	2.4%	2.7%
AZF	0.00	13.06	0.00	8.06	0.00	193.2 0	0.00	218.6 1	0.00	21.31	0.00	8.86	10.9%	12.7%
AZM	0.00	10.15	0.56	0.78	0.00	234.4 3	0.00	183.8 1	0.00	16.29	0.02	2.08	10.8%	14.1%
AZG	0.00	4.29	0.00	39.42	0.00	133.0 4	0.00	560.6 5	0.00	5.93	0.00	7.96	12.9%	7.6%

## APPENDICE D

### Matrices de corrélation

#### Matrices de corrélation des stades phénologiques –rendement -azote total

Nombre d'observation : 16

Nombre de variables : 11

ddl : 15

Seuil de signification : 5% : 0.553

1% : 0.684

**SL** : semis-levée, **LT** : levée-tallage, **TM** : tallage-montaison, **ME** : montaison-épiaison, **EF** : épiaison-floraison, **FM** : floraison-maturité, **CYVE** : cycle végétatif, **Rdt** : rendement, **AZF** : azote total floraison, **AZM** : azote total de maturité, **AZG** : azote total des graines, ddl : degré de liberté.

<i>Hedba2005</i>	<i>SL</i>	<i>LT</i>	<i>TM</i>	<i>ME</i>	<i>EF</i>	<i>FMA</i>	<i>CYVE</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZM</i>	<i>AZG</i>
<b>SL</b>	1										
<b>LT</b>	-0,72	1									
<b>TM</b>	-0,67	0,88	1								
<b>ME</b>	-0,71	0,94	0,92	1							
<b>EF</b>	0,33	-0,38	-0,37	-0,27	1						
<b>FMA</b>	-0,31	0,43	0,33	0,33	-0,92	1					
<b>CYVE</b>	-0,11	0,27	0,07	0,29	0,11	0,29	1,00				
<b>Rdt</b>	-0,46	0,31	0,50	0,29	-0,32	-0,04	<b>-0,83</b>	1			
<b>AZF</b>	-0,24	0,27	0,28	0,17	<b>-0,99</b>	<b>0,87</b>	-0,23	0,38	1		
<b>AZM</b>	<b>-0,87</b>	<b>0,83</b>	<b>0,89</b>	<b>0,78</b>	<b>-0,67</b>	0,51	-0,24	<b>0,72</b>	<b>0,63</b>	1	
<b>AZG</b>	<b>-0,71</b>	<b>0,78</b>	<b>0,73</b>	<b>0,71</b>	<b>-0,85</b>	<b>0,89</b>	0,23	0,23	<b>0,77</b>	<b>0,82</b>	1

<i>Hedba2006</i>	<i>SL</i>	<i>LT</i>	<i>TM</i>	<i>ME</i>	<i>EF</i>	<i>FM</i>	<i>CYVE</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZM</i>	<i>AZG</i>
<b>SL</b>	1										
<b>LT</b>	-0,82	1									
<b>TM</b>	-0,80	0,92	1								
<b>ME</b>	-0,71	0,94	0,91	1							
<b>EF</b>	-0,76	-0,01	-0,51	-0,21	1						
<b>FM</b>	0,67	0,03	0,43	0,20	-0,98	1					
<b>CYVE</b>	0,15	-0,12	0,19	0,00	0,30	-0,47	1				
<b>Rdt</b>	0,23	<b>0,95</b>	<b>0,56</b>	<b>0,85</b>	0,30	-0,28	0,00	1			
<b>AZF</b>	<b>0,98</b>	0,51	<b>0,96</b>	<b>0,73</b>	<b>-0,64</b>	<b>0,53</b>	0,30	0,30	1		
<b>AZM</b>	<b>0,60</b>	<b>0,79</b>	<b>0,68</b>	<b>0,79</b>	<b>-0,52</b>	<b>0,59</b>	<b>-0,58</b>	<b>0,58</b>	<b>0,52</b>	1	
<b>AZG</b>	<b>0,94</b>	0,48	<b>0,85</b>	<b>0,66</b>	<b>-0,87</b>	<b>0,84</b>	-0,19	0,19	<b>0,87</b>	<b>0,78</b>	1

<i>Guemgoume2005</i>	<i>SL</i>	<i>LT</i>	<i>TM</i>	<i>ME</i>	<i>EF</i>	<i>FM</i>	<i>CYVE</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZM</i>	<i>AZG</i>
<i>SL</i>	1										
<i>LT</i>	0,84	1									
<i>TM</i>	0,81	0,99	1								
<i>ME</i>	0,66	0,92	0,93	1							
<i>EF</i>	0,28	-0,07	-0,23	-0,09	1						
<i>FM</i>	-0,75	0,31	0,12	0,09	-0,58	1					
<i>CYVE</i>	0,06	0,87	0,62	0,71	0,27	0,37	1				
<i>Rdt</i>	0,25	<b>0,91</b>	<b>0,72</b>	<b>0,80</b>	0,31	0,23	<b>0,98</b>	1			
<i>AZF</i>	-0,28	0,07	0,23	0,09	-1,00	<b>0,58</b>	-0,27	-0,31	1		
<i>AZM</i>	-0,12	<b>-0,55</b>	-0,27	-0,40	<b>-0,73</b>	0,00	<b>-0,86</b>	<b>-0,85</b>	<b>0,73</b>	1	
<i>AZG</i>	-0,36	<b>0,73</b>	<b>0,57</b>	<b>0,55</b>	-0,49	<b>0,88</b>	<b>0,68</b>	<b>0,60</b>	0,49	-0,24	1

<i>Guemgoum2006</i>	<i>SL</i>	<i>LT</i>	<i>TM</i>	<i>ME</i>	<i>EF</i>	<i>FM</i>	<i>CYVE</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZM</i>	<i>AZG</i>
<i>SL</i>	1										
<i>LT</i>	0,85	1									
<i>TM</i>	0,87	0,91	1								
<i>ME</i>	0,91	0,96	0,95	1							
<i>EF</i>	-0,32	-0,34	0,56	-0,11	1						
<i>FM</i>	0,18	0,20	-0,58	-0,01	-0,98	1					
<i>CYVE</i>	0,36	0,29	-0,31	0,22	-0,20	0,00	1				
<i>Rdt</i>	<b>0,88</b>	<b>0,86</b>	0,00	<b>0,74</b>	<b>-0,63</b>	0,46	<b>0,63</b>	1			
<i>AZF</i>	<b>-0,62</b>	<b>-0,56</b>	0,21	-0,46	0,40	-0,20	<b>-0,94</b>	<b>-0,85</b>	1		
<i>AZM</i>	<b>-0,62</b>	<b>-0,56</b>	0,21	-0,46	0,40	-0,20	<b>-0,94</b>	<b>-0,85</b>	1,00	1	
<i>AZG</i>	-0,31	-0,24	-0,19	-0,31	-0,40	<b>0,59</b>	<b>-0,80</b>	-0,32	<b>0,67</b>	<b>0,67</b>	1

<i>Nefer2005</i>	<i>SL</i>	<i>LT</i>	<i>TM</i>	<i>ME</i>	<i>EF</i>	<i>FM</i>	<i>CYVE</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZM</i>	<i>AZG</i>
<i>SL</i>	1										
<i>LT</i>	0,64	1									
<i>TM</i>	0,65	0,94	1								
<i>ME</i>	0,62	0,96	0,99	1							
<i>EF</i>	-0,89	0,97	0,63	0,80	1						
<i>FM</i>	0,14	-0,29	0,21	-0,02	-0,46	1					
<i>CYVE</i>	0,19	-0,31	0,05	-0,05	-0,45	0,00	1				
<i>Rdt</i>	-0,41	0,37	0,47	0,40	0,31	<b>0,62</b>	<b>-0,69</b>	1			
<i>AZF</i>	<b>-0,81</b>	<b>0,72</b>	<b>0,85</b>	<b>0,87</b>	<b>0,57</b>	-0,18	0,43	-0,07	1		
<i>AZM</i>	0,25	-0,11	-0,53	-0,34	0,08	<b>-0,92</b>	0,17	<b>-0,82</b>	-0,07	1	
<i>AZG</i>	-0,37	0,38	0,36	0,33	0,37	0,49	<b>-0,82</b>	<b>0,98</b>	-0,17	<b>-0,70</b>	1

<i>Nefer2006</i>	<i>SL</i>	<i>LT</i>	<i>TM</i>	<i>ME</i>	<i>EF</i>	<i>FM</i>	<i>CYVE</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZM</i>	<i>AZG</i>
<i>SL</i>	1										
<i>LT</i>	-0,69	1									
<i>TM</i>	-0,64	0,95	1								
<i>ME</i>	-0,50	0,91	0,92	1							
<i>EF</i>	-0,53	0,39	-0,24	0,07	1						
<i>FM</i>	1,00	0,48	0,78	0,46	-0,52	1					
<i>CYVE</i>	0,66	0,21	0,76	0,58	-0,77	0,67	1				
<i>Rdt</i>	-0,30	<b>0,71</b>	0,26	<b>0,59</b>	<b>0,83</b>	-0,27	-0,29	1			
<i>AZF</i>	0,06	<b>0,88</b>	<b>0,64</b>	<b>0,88</b>	0,52	0,09	0,13	<b>0,90</b>	1		
<i>AZM</i>	<b>0,66</b>	0,21	<b>0,76</b>	<b>0,58</b>	<b>-0,77</b>	<b>0,67</b>	1,00	-0,29	0,13	1	
<i>AZG</i>	0,36	<b>0,91</b>	<b>0,87</b>	<b>0,99</b>	0,20	0,39	0,46	<b>0,69</b>	<b>0,93</b>	0,46	1

<b>Acalou2005</b>	<b>SL</b>	<b>LT</b>	<b>TM</b>	<b>ME</b>	<b>EF</b>	<b>FM</b>	<b>CYVE</b>	<b>Rdt</b>	<b>AZF</b>	<b>AZM</b>	<b>AZG</b>
SL	1										
LT	0,89	1									
TM	0,91	0,98	1								
ME	0,90	0,96	0,97	1							
EF	0,60	0,68	0,66	0,72	1						
FM	-0,82	-0,83	-0,86	-0,85	-0,64	1					
CYVE	0,87	0,92	0,91	0,94	0,90	-0,76	1				
Rdt	-0,16	-0,26	-0,25	-0,32	<b>-0,86</b>	0,45	<b>-0,57</b>	1			
AZF	0,50	0,52	<b>0,57</b>	<b>0,56</b>	0,53	<b>-0,90</b>	0,51	<b>-0,57</b>	1		
AZM	<b>0,63</b>	<b>0,70</b>	<b>0,71</b>	<b>0,74</b>	<b>0,90</b>	<b>-0,87</b>	<b>0,83</b>	<b>-0,83</b>	<b>0,85</b>	1	
AZG	<b>0,79</b>	<b>0,73</b>	<b>0,73</b>	<b>0,69</b>	0,05	-0,39	0,47	0,45	0,00	0,03	1
<b>Acalou2006</b>	<b>SL</b>	<b>LT</b>	<b>TM</b>	<b>ME</b>	<b>EF</b>	<b>FM</b>	<b>CYVE</b>	<b>Rdt</b>	<b>AZF</b>	<b>AZM</b>	<b>AZG</b>
SL	1										
LT	-0,47	1									
TM	-0,73	0,91	1								
ME	-0,64	0,87	0,95	1							
EF	0,56	0,49	0,09	0,33	1						
FM	0,21	0,33	-0,17	0,30	0,17	1					
CYVE	0,71	0,81	0,45	0,81	0,25	0,80	1				
Rdt	0,04	0,07	-0,52	-0,08	<b>0,66</b>	<b>0,68</b>	0,33	1			
AZF	0,01	-0,15	0,21	-0,17	0,21	<b>-0,93</b>	<b>-0,70</b>	-0,43	1		
AZM	-0,03	0,13	0,03	0,23	<b>-0,56</b>	<b>0,68</b>	<b>0,61</b>	-0,03	<b>-0,89</b>	1	
AZG	0,46	0,55	-0,01	0,48	0,49	<b>0,94</b>	<b>0,85</b>	<b>0,77</b>	<b>-0,74</b>	0,44	1
<b>Ardenté2005</b>	<b>SL</b>	<b>LT</b>	<b>TM</b>	<b>ME</b>	<b>EF</b>	<b>FM</b>	<b>CYVE</b>	<b>Rdt</b>	<b>AZF</b>	<b>AZM</b>	<b>AZG</b>
SL	1										
LT	0,66	1									
TM	0,77	0,93	1								
ME	0,71	0,93	0,98	1							
EF	-0,67	0,76	0,77	0,79	1						
FM	0,66	-0,74	-0,74	-0,79	-0,99	1					
CYVE	-0,62	0,71	0,73	0,74	1,00	-0,97	1				
Rdt	<b>-0,60</b>	0,52	<b>0,56</b>	0,43	-0,03	0,13	-0,05	1			
AZF	<b>-0,75</b>	<b>0,81</b>	<b>0,86</b>	<b>0,79</b>	<b>0,87</b>	<b>-0,78</b>	<b>0,88</b>	0,41	1		
AZM	0,49	<b>-0,60</b>	<b>-0,61</b>	<b>-0,64</b>	<b>-0,98</b>	<b>0,97</b>	<b>-0,98</b>	0,23	<b>-0,78</b>	1	
AZG	<b>-0,71</b>	<b>0,68</b>	<b>0,74</b>	<b>0,60</b>	0,34	-0,22	0,35	<b>0,90</b>	<b>0,75</b>	-0,18	1
<b>Ardenté2006</b>	<b>SL</b>	<b>LT</b>	<b>TM</b>	<b>ME</b>	<b>EF</b>	<b>FM</b>	<b>CYVE</b>	<b>Rdt</b>	<b>AZF</b>	<b>AZM</b>	<b>AZG</b>
SL	1										
LT	-0,66	1									
TM	-0,66	0,87	1								
ME	-0,62	0,87	0,99	1							
EF	0,34	-0,24	0,21	0,20	1						
FM	-0,89	-0,24	-0,83	-0,86	-0,52	1					
CYVE	0,76	0,97	0,84	0,82	-0,26	-0,40	1				
Rdt	<b>0,76</b>	<b>0,97</b>	<b>0,84</b>	<b>0,82</b>	-0,26	-0,40	1,00	1			
AZF	0,04	-0,54	0,00	0,08	0,00	-0,43	-0,32	-0,32	1		
AZM	-0,04	0,54	0,00	-0,08	0,00	0,43	0,32	0,32	-1,00	1	
AZG	<b>0,70</b>	<b>0,99</b>	<b>0,77</b>	<b>0,72</b>	-0,08	-0,30	<b>0,94</b>	<b>0,94</b>	<b>-0,59</b>	<b>0,59</b>	1

<i>Excalabur2005</i>	<i>SL</i>	<i>LT</i>	<i>TM</i>	<i>ME</i>	<i>EF</i>	<i>FM</i>	<i>CYVE</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZM</i>	<i>AZG</i>
<i>SL</i>	1										
<i>LT</i>	0,83	1									
<i>TM</i>	0,87	0,86	1								
<i>ME</i>	0,82	0,99	0,82	1							
<i>EF</i>	-0,76	-0,89	-0,87	-0,87	1						
<i>FM</i>	0,67	0,50	0,51	0,57	-0,09	1					
<i>CYVE</i>	0,88	0,76	0,77	0,80	-0,40	0,94	1				
<i>Rdt</i>	0,32	0,10	0,15	0,14	0,37	<b>0,80</b>	<b>0,65</b>	1			
<i>AZF</i>	-0,14	0,05	-0,02	0,05	-0,43	-0,43	-0,32	<b>-0,86</b>	1		
<i>AZM</i>	0,07	0,29	0,26	0,22	<b>-0,67</b>	<b>-0,67</b>	-0,40	<b>-0,87</b>	<b>0,63</b>	1	
<i>AZG</i>	<b>0,63</b>	0,44	0,47	0,50	0,00	<b>0,98</b>	<b>0,91</b>	<b>0,89</b>	<b>-0,58</b>	<b>-0,73</b>	1

<i>Excalabur2006</i>	<i>SL</i>	<i>LT</i>	<i>TM</i>	<i>ME</i>	<i>EF</i>	<i>FM</i>	<i>CYVE</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZM</i>	<i>AZG</i>
<i>SL</i>	1										
<i>LT</i>	0,54	1									
<i>TM</i>	-0,32	0,49	1								
<i>ME</i>	-0,22	0,65	0,93	1							
<i>EF</i>	0,40	-0,14	0,62	0,06	1						
<i>FM</i>	0,18	0,93	0,48	0,62	-0,33	1					
<i>CYVE</i>	0,52	0,34	-0,08	0,59	-0,52	0,17	1				
<i>Rdt</i>	<b>0,82</b>	-0,01	0,30	0,50	0,37	-0,37	<b>0,57</b>	1			
<i>AZF</i>	-0,18	<b>-0,93</b>	-0,48	<b>-0,62</b>	0,33	-1,00	-0,17	0,37	1		
<i>AZM</i>	<b>0,63</b>	-0,22	0,48	0,20	<b>0,87</b>	-0,52	-0,09	<b>0,76</b>	0,52	1	
<i>AZG</i>	<b>0,84</b>	-0,01	0,43	0,48	<b>0,56</b>	-0,37	0,39	<b>0,97</b>	0,37	<b>0,88</b>	1

**Matrices de corrélation entre rendement -caractères morphologiques -composantes de Rendement -azote total**

Nombre d'observation : 12  
 Nombre de variables : 11, ddl : 11  
 Seuil de signification : 5% : 0.553    1% : 0.684

<i>Hedba2005</i>	<i>TH</i>	<i>TE</i>	<i>LP</i>	<i>LFE</i>	<i>LCE</i>	<i>NGE</i>	<i>PMG</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZM</i>	<i>AZG</i>
<i>TH</i>	1										
<i>TE</i>	0,22	1									
<i>LP</i>	0,86	0,20	1								
<i>LFE</i>	-0,51	-0,25	-0,51	1							
<i>LCE</i>	0,07	0,08	0,27	0,32	1						
<i>NGE</i>	0,70	-0,13	0,48	-0,43	-0,24	1					
<i>PMG</i>	0,33	-0,59	0,30	-0,38	0,03	0,46	1				
<i>Rdt</i>	<b>0,76</b>	-0,01	<b>0,64</b>	<b>-0,69</b>	-0,09	<b>0,79</b>	<b>0,73</b>	1			
<i>AZF</i>	-0,17	0,15	-0,17	<b>0,61</b>	0,02	-0,33	<b>-0,79</b>	<b>-0,72</b>	1		
<i>AZM</i>	-0,17	-0,02	-0,16	0,51	-0,05	-0,31	<b>-0,64</b>	<b>-0,67</b>	<b>0,88</b>	1	
<i>AZG</i>	-0,20	0,08	-0,13	0,50	-0,03	-0,33	<b>-0,73</b>	<b>-0,71</b>	<b>0,94</b>	<b>0,92</b>	1

<i>Hedba2006</i>	<i>TH</i>	<i>TE</i>	<i>LP</i>	<i>LFE</i>	<i>LCE</i>	<i>NGE</i>	<i>PMG</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZM</i>	<i>AZG</i>
<i>TH</i>	1										
<i>TE</i>	0,05	1									
<i>LP</i>	0,15	-0,72	1								
<i>LFE</i>	-0,36	0,16	-0,01	1							
<i>LCE</i>	0,06	-0,16	0,44	0,00	1,00						
<i>NGE</i>	-0,16	-0,20	0,02	0,49	-0,25	1					
<i>PMG</i>	0,34	-0,47	0,55	-0,12	0,56	-0,40	1				
<i>Rdt</i>	0,34	<b>0,65</b>	-0,31	-0,10	0,25	-0,17	0,26	1			
<i>AZF</i>	-0,25	<b>-0,59</b>	0,35	-0,19	-0,06	-0,34	0,06	<b>-0,82</b>	1		
<i>AZM</i>	-0,25	<b>-0,61</b>	0,50	-0,27	-0,09	-0,26	0,06	<b>-0,80</b>	<b>0,92</b>	1	
<i>AZG</i>	-0,23	<b>-0,57</b>	0,46	-0,36	0,10	-0,37	0,16	<b>-0,71</b>	<b>0,94</b>	<b>0,91</b>	1

<i>Guemgoum2005</i>	<i>TH</i>	<i>TE</i>	<i>LP</i>	<i>LFE</i>	<i>LCE</i>	<i>NGE</i>	<i>PMG</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZM</i>	<i>AZG</i>
<i>TH</i>	1										
<i>TE</i>	0,92	1									
<i>LP</i>	-0,42	-0,35	1								
<i>LFE</i>	-0,68	-0,55	0,35	1							
<i>LCE</i>	-0,26	-0,38	0,07	-0,29	1						
<i>NGE</i>	-0,41	-0,59	0,02	-0,11	0,89	1					
<i>PMG</i>	-0,09	-0,37	-0,07	-0,18	0,00	0,31	1				
<i>Rdt</i>	<b>0,92</b>	<b>0,79</b>	-0,43	<b>-0,80</b>	-0,18	-0,24	0,23	1			
<i>AZF</i>	<b>0,80</b>	<b>0,70</b>	-0,19	-0,47	-0,53	<b>-0,55</b>	0,28	<b>0,84</b>	1		
<i>AZM</i>	<b>0,78</b>	<b>0,69</b>	-0,16	-0,44	<b>-0,57</b>	<b>-0,60</b>	0,28	<b>0,81</b>	<b>0,99</b>	1	
<i>AZG</i>	<b>0,72</b>	<b>0,74</b>	-0,06	-0,20	<b>-0,74</b>	<b>-0,79</b>	0,01	<b>0,66</b>	<b>0,92</b>	<b>0,93</b>	1

<i>Guemgoum2006</i>	<i>TH</i>	<i>TE</i>	<i>LP</i>	<i>LFE</i>	<i>LCE</i>	<i>NGE</i>	<i>PMG</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZM</i>	<i>AZG</i>
<i>TH</i>	1										
<i>TE</i>	0,36	1									
<i>LP</i>	0,48	0,34	1								
<i>LFE</i>	0,12	0,00	-0,33	1							
<i>LCE</i>	0,24	0,12	-0,01	0,83	1						
<i>NGE</i>	-0,41	-0,20	-0,36	0,09	-0,08	1					
<i>PMG</i>	-0,08	-0,57	-0,49	-0,05	-0,24	0,27	1				
<i>Rdt</i>	-0,09	0,38	-0,25	0,08	-0,04	<b>0,76</b>	0,20	1			
<i>AZF</i>	0,08	0,08	-0,40	0,25	0,05	<b>0,66</b>	<b>0,60</b>	<b>0,85</b>	1		
<i>AZM</i>	-0,21	-0,05	-0,43	0,02	-0,15	<b>0,82</b>	<b>0,58</b>	<b>0,87</b>	<b>0,91</b>	1	
<i>AZG</i>	-0,02	0,18	-0,34	0,06	-0,11	<b>0,68</b>	0,53	<b>0,91</b>	<b>0,96</b>	<b>0,95</b>	1

<i>Nefer2005</i>	<i>TH</i>	<i>TE</i>	<i>LP</i>	<i>LFE</i>	<i>LCE</i>	<i>NGE</i>	<i>PMG</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZM</i>	<i>AZG</i>
<i>TH</i>	1										
<i>TE</i>	0,76	1									
<i>LP</i>	0,31	0,34	1								
<i>LFE</i>	0,50	0,65	0,18	1							
<i>LCE</i>	-0,44	-0,08	-0,08	0,21	1						
<i>NGE</i>	-0,34	-0,53	0,20	-0,50	-0,34	1					
<i>PMG</i>	0,48	0,08	-0,40	-0,01	-0,19	-0,54	1				
<i>Rdt</i>	<b>0,89</b>	<b>0,79</b>	0,38	0,37	-0,51	-0,06	0,16	1			
<i>AZF</i>	<b>0,55</b>	0,42	<b>0,66</b>	0,13	<b>-0,58</b>	0,29	-0,23	<b>0,64</b>	1		
<i>AZM</i>	<b>0,61</b>	0,33	<b>0,63</b>	0,17	<b>-0,62</b>	0,34	-0,12	<b>0,65</b>	<b>0,94</b>	1	
<i>AZG</i>	<b>0,57</b>	0,32	<b>0,62</b>	0,17	<b>-0,65</b>	0,35	-0,16	<b>0,62</b>	<b>0,96</b>	<b>0,99</b>	1

<i>Nefer2006</i>	<i>TH</i>	<i>TE</i>	<i>LP</i>	<i>LFE</i>	<i>LCE</i>	<i>NGE</i>	<i>PMG</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZM</i>	<i>AZG</i>
TH	1										
TE	0,48	1									
LP	-0,31	0,09	1								
LFE	-0,39	-0,30	0,36	1							
LCE	-0,37	-0,04	0,01	0,20	1						
NGE	-0,06	-0,35	-0,15	0,45	0,31	1					
PMG	-0,22	-0,33	-0,61	0,28	-0,13	0,20	1				
Rdt	0,42	<b>0,86</b>	-0,24	-0,12	-0,06	-0,10	0,18	1			
AZF	-0,22	-0,27	0,38	-0,39	0,05	-0,39	<b>-0,66</b>	<b>-0,69</b>	1		
AZM	-0,42	-0,28	0,41	-0,25	0,18	-0,31	<b>-0,57</b>	<b>-0,64</b>	<b>0,95</b>	1	
AZG	-0,28	-0,11	0,38	-0,33	0,04	<b>-0,60</b>	<b>-0,56</b>	-0,50	<b>0,91</b>	<b>0,92</b>	1

<i>Acalou2005</i>	<i>TH</i>	<i>TE</i>	<i>LP</i>	<i>LFE</i>	<i>LCE</i>	<i>NGE</i>	<i>PMG</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZM</i>	<i>AZG</i>
TH	1										
TE	0,90	1									
LP	-0,58	-0,81	1								
LFE	-0,38	-0,34	0,36	1							
LCE	-0,39	-0,63	0,76	0,43	1						
NGE	0,61	0,44	-0,35	-0,27	0,11	1					
PMG	0,61	0,63	-0,27	-0,30	-0,40	0,10	1				
Rdt	<b>0,94</b>	<b>0,98</b>	<b>-0,77</b>	-0,38	-0,54	<b>0,60</b>	<b>0,66</b>	1			
AZF	<b>0,78</b>	<b>0,86</b>	<b>-0,85</b>	-0,41	-0,54	<b>0,63</b>	0,40	<b>0,89</b>	1		
AZM	<b>0,81</b>	<b>0,90</b>	<b>-0,86</b>	-0,31	<b>-0,55</b>	<b>0,61</b>	0,40	<b>0,91</b>	<b>0,98</b>	1	
AZG	<b>0,77</b>	<b>0,87</b>	<b>-0,87</b>	-0,33	-0,52	<b>0,64</b>	0,44	<b>0,90</b>	<b>0,96</b>	<b>0,97</b>	1

<i>Acalou2006</i>	<i>TH</i>	<i>TE</i>	<i>LP</i>	<i>LE</i>	<i>LCE</i>	<i>NGE</i>	<i>PMG</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZG</i>	<i>AZG</i>
TH	1										
TE	0,48	1									
LP	0,31	0,51	1								
LFE	0,18	0,38	0,36	1							
LCE	0,40	0,41	0,71	0,41	1						
NGE	-0,67	-0,43	-0,25	0,07	-0,01	1					
PMG	0,33	0,93	0,42	0,52	0,37	-0,14	1				
Rdt	0,23	<b>0,90</b>	0,45	0,48	0,43	0,01	<b>0,97</b>	1			
AZF	0,09	-0,24	-0,28	0,00	-0,19	-0,39	-0,37	-0,47	1		
AZM	0,14	-0,49	-0,35	-0,18	-0,29	-0,40	<b>-0,61</b>	<b>-0,73</b>	<b>0,91</b>	1	
AZG	0,19	-0,32	-0,26	-0,22	-0,27	<b>-0,57</b>	-0,50	<b>-0,64</b>	<b>0,87</b>	<b>0,95</b>	1

<i>Ardenté2005</i>	<i>TH</i>	<i>TE</i>	<i>LP</i>	<i>LFE</i>	<i>LCE</i>	<i>NGE</i>	<i>PMG</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZM</i>	<i>AZG</i>
TH	1										
TE	0,82	1									
LP	-0,47	-0,66	1								
LFE	0,46	0,61	-0,38	1							
LCE	0,33	0,19	0,01	0,42	1						
NGE	0,08	-0,25	0,12	0,01	0,13	1					
PMG	0,24	0,49	-0,47	0,53	0,15	-0,31	1				
Rdt	<b>0,70</b>	<b>0,67</b>	<b>-0,56</b>	<b>0,64</b>	0,30	0,48	0,47	1			
AZF	0,27	0,02	-0,12	0,20	0,26	<b>0,89</b>	-0,12	<b>0,66</b>	1		
AZM	0,38	0,15	-0,24	0,28	0,28	<b>0,86</b>	-0,01	<b>0,77</b>	<b>0,93</b>	1	
AZG	0,24	0,03	-0,23	0,23	0,21	<b>0,90</b>	-0,04	<b>0,71</b>	<b>0,93</b>	<b>0,98</b>	1

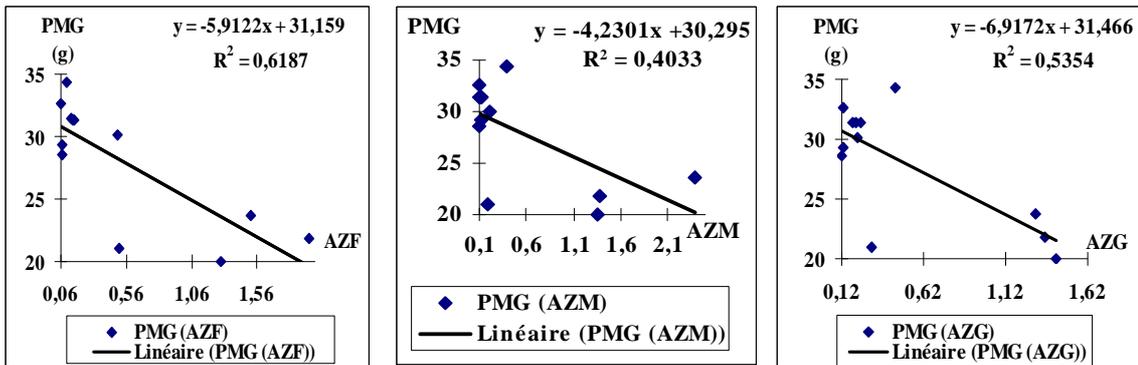
<i>Ardenté2006</i>	<i>TH</i>	<i>TE</i>	<i>LP</i>	<i>LFE</i>	<i>LCE</i>	<i>NGE</i>	<i>PMG</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZM</i>	<i>AZG</i>
TH	1										
TE	-0,28	1									
LP	0,14	-0,51	1								
LFE	0,01	-0,26	0,70	1							
LCE	0,06	-0,37	0,87	0,74	1						
NGE	0,44	-0,52	0,53	0,37	0,67	1					
PMG	0,47	-0,05	-0,05	-0,14	-0,22	0,00	1				
Rdt	0,26	<b>0,59</b>	-0,14	-0,05	0,04	0,24	0,44	1			
AZF	0,12	<b>-0,85</b>	0,40	0,13	0,29	0,47	-0,32	<b>-0,66</b>	1		
AZM	0,00	<b>-0,85</b>	<b>0,60</b>	0,38	<b>0,57</b>	<b>0,54</b>	-0,44	<b>-0,66</b>	<b>0,87</b>	1	
AZG	0,07	<b>-0,90</b>	<b>0,59</b>	0,41	<b>0,56</b>	<b>0,60</b>	-0,33	<b>-0,62</b>	<b>0,87</b>	<b>0,99</b>	1

<i>Excalabur2005</i>	<i>TH</i>	<i>TE</i>	<i>LP</i>	<i>LFE</i>	<i>LCE</i>	<i>NGE</i>	<i>PMG</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZM</i>	<i>AZG</i>
TH	1										
TE	0,82	1									
LP	0,37	0,37	1								
LFE	-0,51	-0,58	-0,04	1							
LCE	0,39	0,36	0,54	-0,19	1						
NGE	-0,55	-0,79	-0,16	0,69	-0,46	1					
PMG	0,21	0,16	0,48	-0,42	0,34	-0,36	1				
Rdt	<b>0,68</b>	<b>0,71</b>	<b>0,65</b>	<b>-0,56</b>	0,42	<b>-0,61</b>	<b>0,78</b>	1			
AZF	<b>0,89</b>	<b>0,90</b>	<b>0,57</b>	<b>-0,57</b>	0,44	<b>-0,67</b>	0,36	<b>0,83</b>	1		
AZM	<b>0,60</b>	<b>0,79</b>	<b>0,62</b>	-0,52	0,41	<b>-0,70</b>	0,54	<b>0,87</b>	<b>0,86</b>	1	
AZG	<b>0,93</b>	<b>0,89</b>	0,48	<b>-0,57</b>	0,36	<b>-0,64</b>	0,35	<b>0,82</b>	<b>0,99</b>	<b>0,82</b>	1

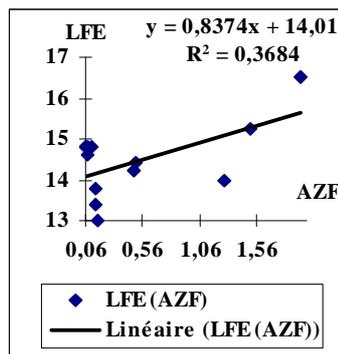
<i>Excalabur2006</i>	<i>TH</i>	<i>TE</i>	<i>LP</i>	<i>LFE</i>	<i>LCE</i>	<i>NGE</i>	<i>PMG</i>	<i>Rdt</i>	<i>AZF</i>	<i>AZM</i>	<i>AZG</i>
TH	1										
TE	0,31	1									
LP	-0,23	0,13	1								
LFE	0,56	-0,29	0,13	1							
LCE	0,50	0,24	0,09	0,43	1						
NGE	0,22	0,27	-0,35	-0,18	0,16	1					
PMG	-0,05	-0,82	0,04	0,39	0,00	-0,17	1				
Rdt	0,43	<b>0,84</b>	0,00	-0,22	0,34	<b>0,69</b>	-0,53	1			
AZF	0,39	0,05	-0,09	0,10	0,24	<b>0,71</b>	0,36	0,54	1		
AZM	0,23	<b>-0,61</b>	0,13	0,46	0,07	-0,14	<b>0,90</b>	-0,32	0,49	1	
AZG	0,20	<b>-0,62</b>	-0,05	0,45	0,07	0,10	<b>0,91</b>	-0,22	<b>0,65</b>	<b>0,93</b>	1

## APPENDICE E

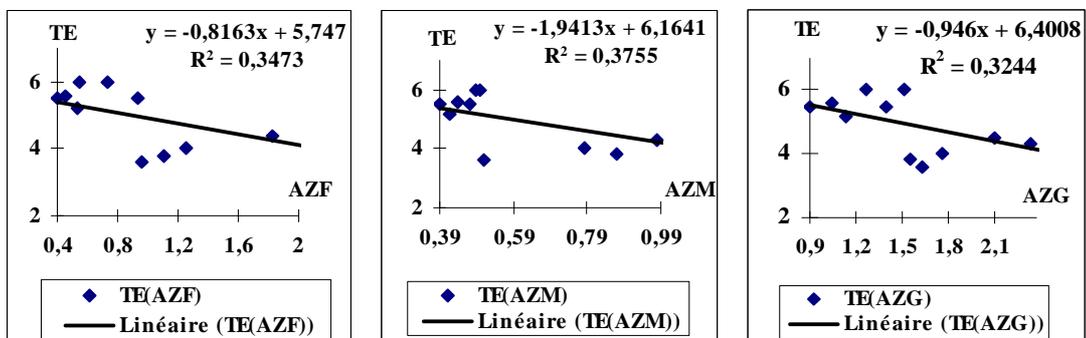
### Courbes de régression



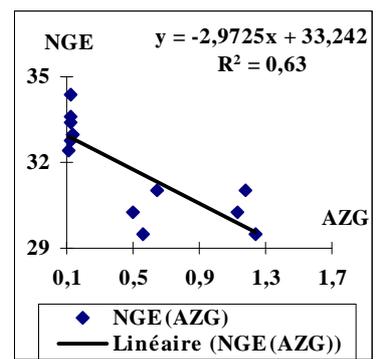
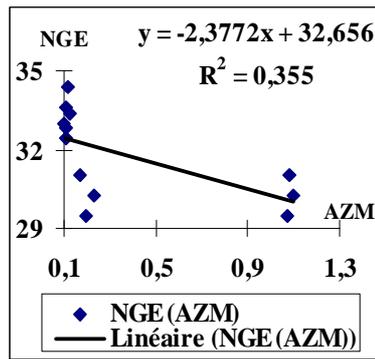
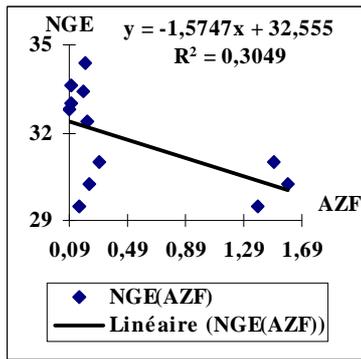
Courbes de régression du poids de mille grains en fonction de l'azote total de la floraison, la maturité et des graines chez Hedba (1<sup>ère</sup> année).



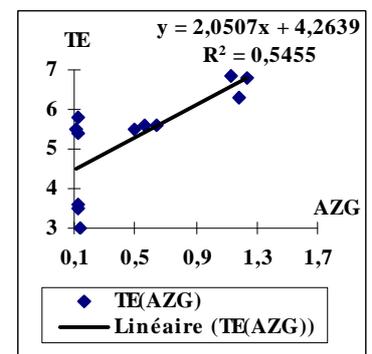
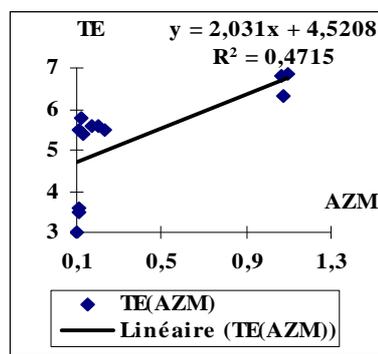
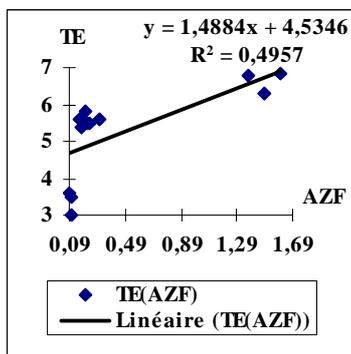
Courbe de régression de la longueur de la feuille étendard en fonction de l'azote total de la floraison chez Hedba (1<sup>ère</sup> année).



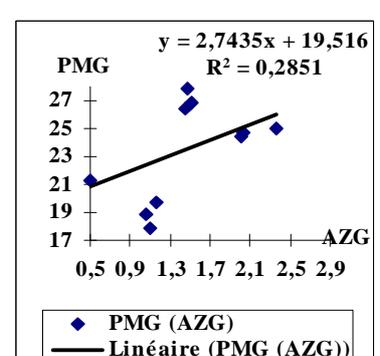
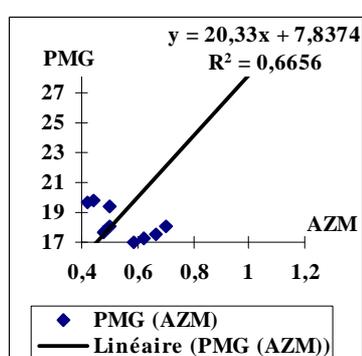
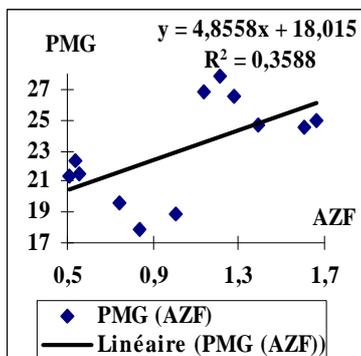
Courbes de régression du nombre de talles épiées en fonction de l'azote total (floraison, maturité, graines) chez Hedba (2<sup>ème</sup> année).



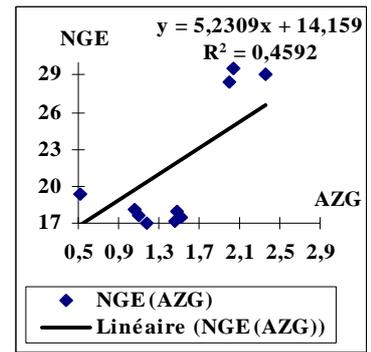
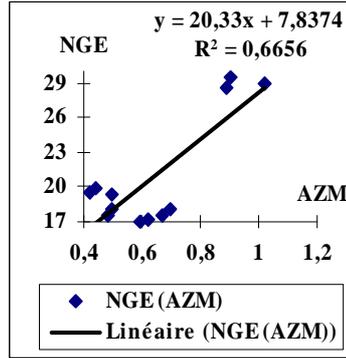
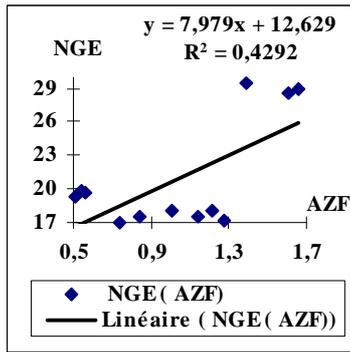
Courbes de régression du nombre de grains par épi en fonction de l'azote total (floraison, maturité, graines) chez Guemgoum (1<sup>ère</sup> année).



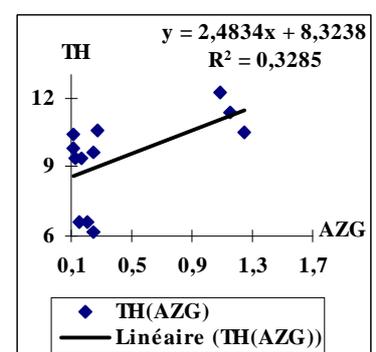
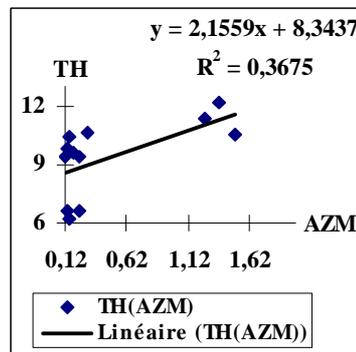
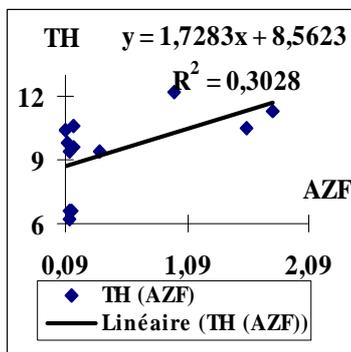
Courbes de régression du nombre de talles épiées en fonction de l'azote total (floraison, maturité, graines) chez Guemgoum (1<sup>ère</sup> année).



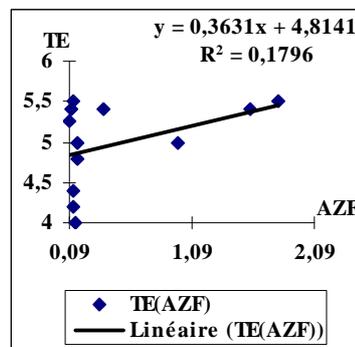
Courbes de régression du poids de mille grains en fonction de l'azote total (floraison, maturité, graines) chez Guemgoum (2<sup>ème</sup> année).



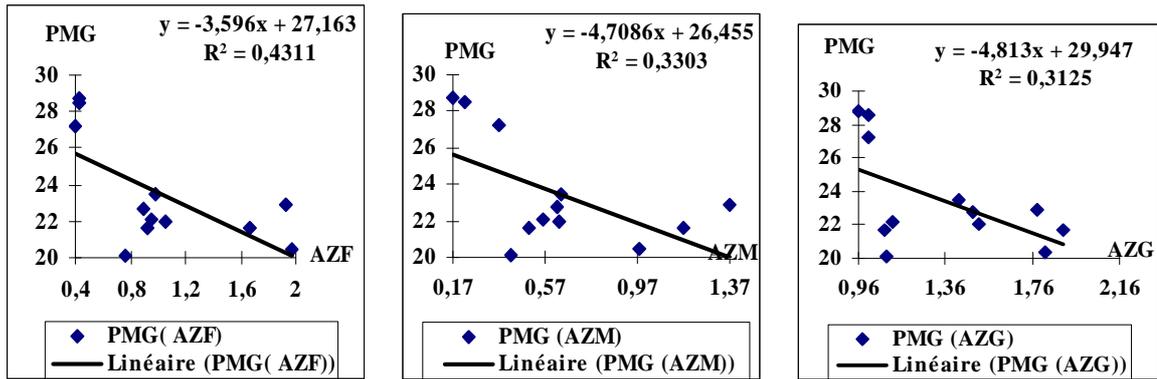
Courbes de régression du nombre de grains par épi en fonction de l'azote total (floraison, maturité, graines) chez Guemgoum (2<sup>ème</sup> année).



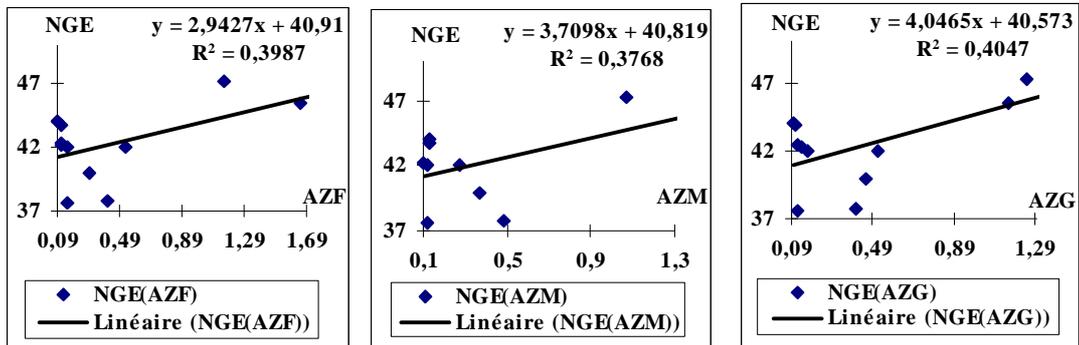
Courbes de régression du nombre de talles herbacées en fonction de l'azote total (floraison, maturité, graines) chez Nefer (1<sup>ère</sup> année).



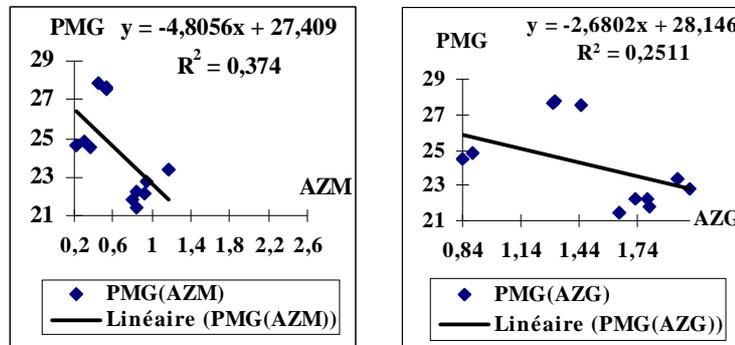
Courbe de régression du nombre de talles épiées en fonction de l'azote total à la floraison chez Nefer (1<sup>ère</sup> année).



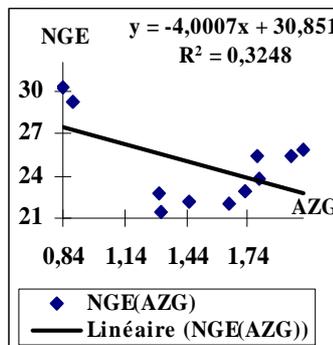
Courbes de régression du poids de mille grains en fonction de l'azote total (floraison, maturité, graines) chez Nefer (2<sup>ème</sup> année).



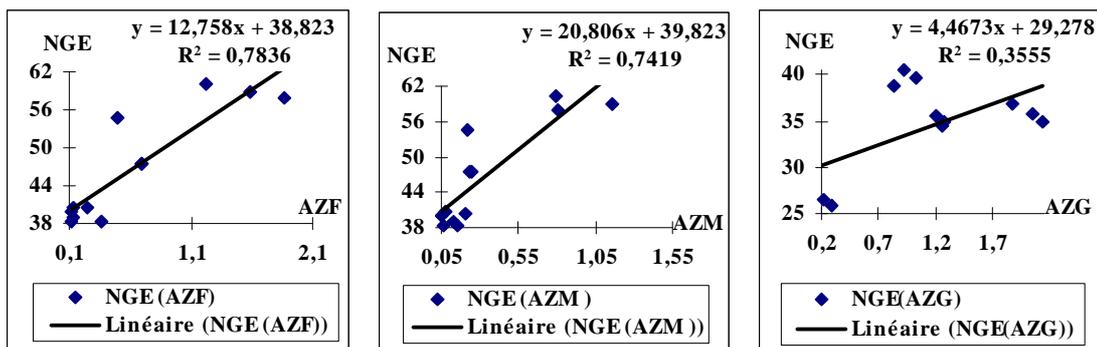
Courbes de régression du nombre de grains par épi en fonction de l'azote total (floraison, maturité, graines) chez Acalou (1<sup>ère</sup> année).



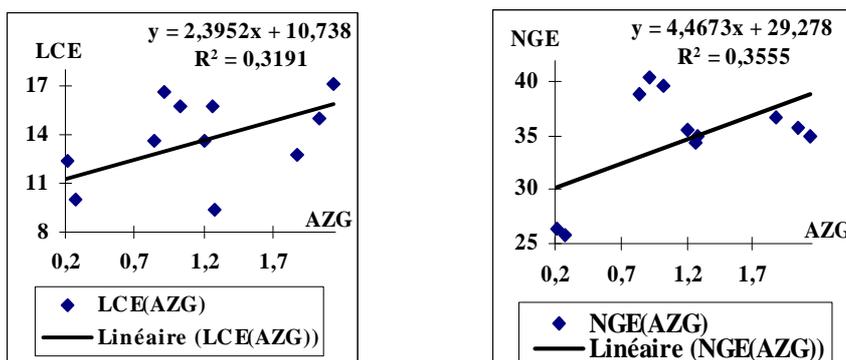
Courbes de régression du poids de mille grains en fonction de l'azote total (maturité, graines) chez Acalou (2<sup>ème</sup> année).



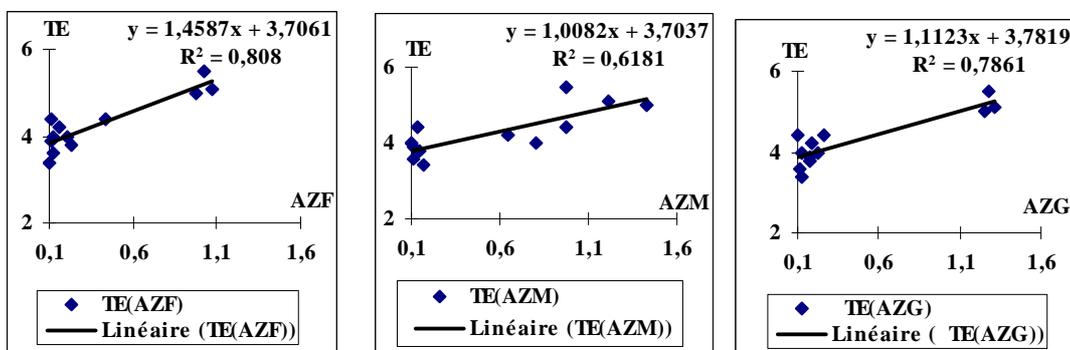
Courbe de régression du nombre de grains par épi en fonction de l'azote total des graines chez Acalou (2<sup>ème</sup> année).



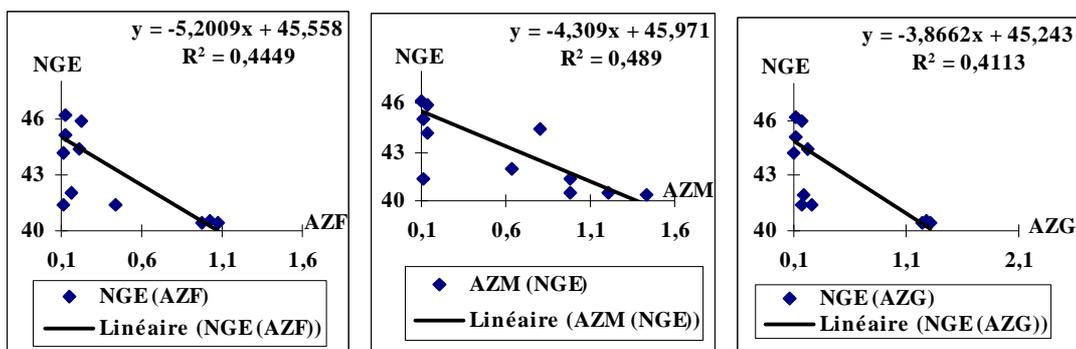
Courbes de régression du nombre de grains par épi en fonction de l'azote total (floraison, maturité, grains) chez Ardenté (1<sup>ère</sup> année).



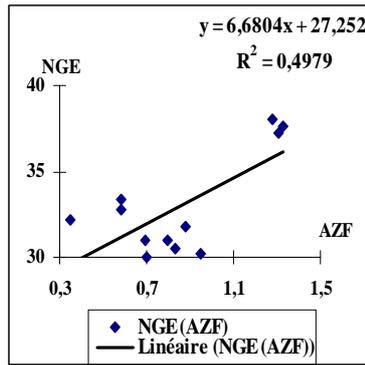
Courbes de régression de la longueur du col de l'épi et du nombre de grains par épi en fonction de l'azote total des grains chez Ardenté (2<sup>ème</sup> année).



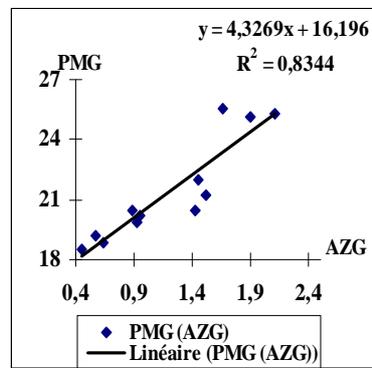
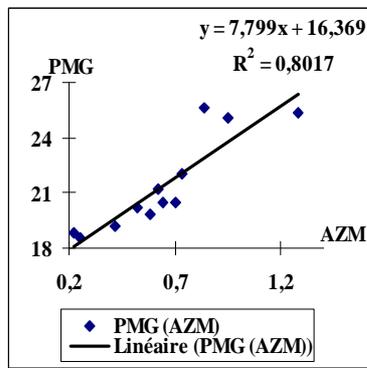
Courbes de régressions du nombre de talles épiées en fonction de l'azote total (floraison, maturité, grains) chez Excalabur (1<sup>ère</sup> année)



Courbes de régressions du nombre de grains par épi en fonction de l'azote total (floraison, maturité, grains) chez Excalabur (1<sup>ère</sup> année).



**Courbe de régression du nombre de grains par épi en fonction de l'azote total de la floraison chez Excalibur (2<sup>ème</sup> année)**



**Courbes de régression du poids de milles grains en fonction de l'azote total de la maturité et des grains chez Excalibur (2<sup>ème</sup> année).**