



## Variation génotypique de l'efficacité d'utilisation de l'azote chez le blé tendre

Karrou M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Chercheur agro-physiologiste, INRA, Centre aridoculture, B. P. 589, Settat, Maroc

### Résumé

*La fertilisation azotée des céréales est une des pratiques les plus délicates en zones semi-arides du Maroc caractérisées par un fort aléa climatique. En effet l'apport de quantités élevées d'engrais azotés en années sèches et les carences en cet élément en années pluvieuses entraînent souvent des chutes considérables des rendements des céréales. Une des stratégies pouvant aider à résoudre ce problème et à augmenter et stabiliser les rendements dans ces zones est le recours aux variétés ayant une efficacité d'utilisation de l'azote plus élevée. L'objectif de cette étude est de vérifier si une variabilité génotypique pour l'efficacité d'utilisation de l'azote existe chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.), d'identifier les meilleures variétés et de quantifier la contribution de l'efficacité d'utilisation et de l'efficacité d'absorption de l'azote dans cette efficacité d'utilisation de N. Pour cela, sept variétés de blé tendre ont été exposées, au champs au domaine expérimental de Sidi El Aidi (1990-91) et chez un agriculteur de la région de Sidi El Aidi (1993-94), à deux niveaux d'engrais azotés 20 et 60 KgN/ha. Les résultats obtenus montrent une large variabilité génotypique pour le rendement-grain, l'accumulation de N dans la partie aérienne et dans les grains et pour l'efficacité d'utilisation de l'azote. Les effets de l'azote et de l'interaction Azote x Variété sur les exportations d'azote, l'efficacité d'utilisation, l'efficacité d'utilisation et l'efficacité d'absorption de cet élément fertilisant étaient significatifs. De cette étude il ressort que les variétés Merchouch 8 et Kanz s'adaptent mieux aux différentes conditions azotées du sol et que l'efficacité d'utilisation de N contribue plus que l'efficacité d'absorption de cet élément dans la variation génotypique de l'efficacité d'utilisation de l'azote.*

**Mots clés :** Blé tendre, azote, génotype, efficacité, utilisation

### **Abstract: Genotypic variation of nitrogen use efficiency in bread wheat**

*Nitrogen fertilizer recommendations on cereals is one of the most difficult task in the semi-arid areas of Morocco which are characterized by a high climatic variability. In fact the supply of high quantities of N fertilizer during dry years and lack of this nutrient in wet years often*

result in an important drop in cereal yields. One of the strategies that can help increase and stabilize yields in these areas is the use of varieties that have high nitrogen use efficiency. The objective of this study is to verify if genotypic variability for nitrogen use efficiency exists in bread wheat (*Triticum aestivum* L.), to identify the best varieties and to quantify the relative contribution of nitrogen utilization efficiency and absorption efficiency in genotypic variability of nitrogen use efficiency. To reach this objective varieties of bread wheat were exposed, in the field at Sidi El Aidi experiment station and on the farmer field at Sidi El Aidi region, to two levels of fertilizer N, 20 and 60 KgN/ha. The results show a large genotypic difference for grain yield, nitrogen accumulation in the shoot and in the grains and for nitrogen use efficiency. Nitrogen effect and Nitrogen x Variety interaction are also significant for N uptake, nitrogen use efficiency, N utilization and absorption efficiencies. From this study we can conclude that varieties Merchouch 8 and Kanz are more adapted to different soil N conditions. It is also clear that N utilization efficiency contributes more to genotypic variability of nitrogen use efficiency than N absorption efficiency.

**Key words:** Bread wheat, nitrogen, genotype, efficiency, use

**ملخص :** التغيير الصنفي لفعالية استعمال مادة النتروجين عند القمح الطري

م. قرو

المركز الجهوي للبحث الزراعي، سطات، المغرب

يعتبر التسميد بمادة النتروجين من التقنيات الصعبة في المناطق الشبه الجافة المغربية المتميزة بتدبدب كبير في تساقطات المطر. فالتسميد بكميات عالية من هذه المادة في حالات الجفاف أو قلة النتروجين في التربة في السنوات الممطرة يسببان نقص حاد في إنتاج الحبوب. من الإستراتيجيات التي يمكن أن تساعد على حل هذا المشكل و على الزيادة و الإستقرار في الإنتاج في هذه المناطق هناك خلق أصناف لها القدرة على الاستعمال الناجع لمادة النتروجين (nitrogen use efficiency) الذي هو عبارة عن "كمية الحبوب/كمية مادة النتروجين في الأسمدة المستعملة". الهدف من هذه الدراسات هو معرفة ما إذا كان هناك فرق صنفي في القمح الطري بالنسبة لهذا الماشر و قرن الأصناف الممتازة و كذلك معرفة نسبة مساهمة مؤشر فعالية استعمال النتروجين (nitrogen utilization efficiency) و مؤشر فعالية امتصاص النتروجين (nitrogen absorption efficiency) في الفرق الصنفي في الإستعمال الناجع لهذا العنصر المعدني. لأجل الوصول الى هذا الهدف قمنا بتجربة في الحقل بضيفة التجارب بسيدي العايدي و عند أحد المزارعين بنفس المنطقة. استعملت في هذه التجربة أصناف القمح الطري و كميتين من مادة النتروجين. هذه الكميات هي 20 وحدة /الهكتار و 60 وحدة / الهكتار. بينت النتائج المحصل عليها أن هناك فرق صنفي في الإنتاج و كمية النتروجين في النبات و الحب و كذلك في الإستعمال الناجع للنتروجين. أما تأثير مادة النتروجين و تفاعلاتها مع الصنف على الإمتصاص و الإستعمال الناجع و على فعاليات استعمال و امتصاص النتروجين فقد كانت بائنة. و الخلاصة من هذه الدراسة هي أن الأصناف "مرشوش و الكنز" لهما أكثر قدرة على التكيف مع تغير كميات النتروجين في التربة و أن فعاليات استعمال النتروجين مع فعالية امتصاص هذا العنصر تساهم بنسبة أعلى في الفرق الصنفي في الإستعمال الناجع.

**الكلمات المفتاحية :** قمح طري، نتروجين، صنف، فعالية، استعمال

## Introduction

L'azote est l'un des éléments nutritifs indispensables pour la croissance et le développement des plantes. Cependant en zones semi-arides caractérisées par un manque de pluie, l'apport d'azote n'est pas toujours justifié. En effet, vus les niveaux souvent bas des rendements obtenus et le prix élevé de l'engrais azoté, les agriculteurs hésitent souvent d'apporter cette fumure minérale. En plus de la faiblesse des quantités de pluies enregistrées dans ces zones, les fortes fluctuations intra et inter-annuelles des précipitations rendent le raisonnement de la fertilisation azotée difficile. En effet les apports de doses d'azote relativement élevées peuvent provoquer, en cas de pluies précoces, une croissance de plantes et un tallage accru et par conséquent un épuisement rapide de l'eau du sol et une chute des rendements si les conditions pluviométriques sont par la suite déficitaires. Le recouvrement rapide du sol pourrait aussi être bénéfique en année pluvieuse puisque l'évaporation est réduite au détriment de la transpiration. En cas d'un déficit hydrique durant tout le cycle de la culture, l'absorption d'azote est réduite ou même stoppée et l'apport d'azote constitue un gaspillage pour l'agriculteur. Pour remédier à cette situation, il est nécessaire de réduire les doses d'azote dans ces zones et de sélectionner des variétés ayant une meilleure efficacité d'utilisation de cet élément (Moll *et al.* 1982 ; Moll *et al.* 1987). Cette stratégie permettrait de réduire les accidents dûs aux fortes concentrations de N dans le sol en années sèches et de garantir des rendements satisfaisants en années pluvieuses.

L'efficace d'utilisation de l'azote (EUA) est définie comme étant le rapport entre la quantité de grains produite ( $Rdt_g$ ) par unité d'azote apportée  $N_a$  ou  $Rdt_g/N_a$ . Cet indice peut être décomposé en deux paramètres à savoir l'efficacité d'absorption (quantité totale d'azote absorbée / quantité d'azote apportée ou  $N_l/N_a$ ) et l'efficacité d'utilisation d'azote (Rendement grains/quantité totale d'azote absorbée ou  $Rdt_g/N_l$ ).

$$\text{En effet } EUA = (Rdt_g/N_a) = (Rdt_g/N_l) \times (N_l/N_a)$$

La contribution de l'un ou de l'autre paramètre dans l'efficace d'utilisation de l'azote dépend, entre autres, de l'espèce et de la concentration d'azote dans le sol. En effet Pollmer *et al.* (1979) ont montré l'importance de l'efficacité d'utilisation chez le maïs. Par contre Van Sanford and Mackown (1987) et May *et al.* (1991) ont montré que chez le blé, c'est l'efficacité d'absorption qui contribue plus. Moll *et al.* (1982) ont montré que la variation génotypique de l'efficace d'utilisation de l'azote chez le maïs sous les conditions de faibles concentrations en cet élément dans le sol est due essentiellement à la variation de l'efficacité de son utilisation.

L'objectif de cette étude est de déterminer parmi les variétés de blé tendre marocaines celles qui sont plus efficaces dans l'utilisation de l'azote et de quantifier la contribution des indices d'efficacité d'utilisation et efficace d'absorption dans la variation génotypique de l'efficace d'utilisation de l'azote.

## Matériel et méthodes

Les variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*, L.) Merchouch 8, Jouda, Saba, Kanz, Baraka, Al Khair et Sibara ont été cultivées au champ au domaine expérimental de Sidi El Aidi en 1990-91 et chez un agriculteur dans la région de Sidi El Aidi en 1993-94. Chaque variété a reçu deux doses de N à savoir 20 KgN/ha (ou N<sub>1</sub>) et 60 KgN/ha (ou N<sub>2</sub>). Le dispositif expérimental utilisé est un split-plot à trois répétitions avec la dose d'azote en parcelle principale et la variété en parcelle élémentaire. L'azote est apporté sous forme de sulfate d'ammoniaque à raison de 20 KgN/ha au semis pour les deux traitements azotés et 40 KgN/ha sous forme d'ammonitrate au tallage dans le cas de la dose N<sub>2</sub>. Les doses de phosphore et de potassium étaient, respectivement de 60 Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 40 Kg de K<sub>2</sub>O par hectare.

Les analyses d'azote dans le sol avant le semis et l'épandage d'engrais de fond ont montré que le sol du domaine expérimental de Sidi El Aidi était riche en cet élément (17 et 20 ppm de nitrate) alors que le site de l'agriculteur avait une teneur relativement faible (6 à 8 ppm).

Les conditions climatiques (précipitations décadaires et températures maximales) sont présentées dans les figures 1 et 2. La quantité de pluie reçue en 1990-91 était relativement plus élevée que celle de 1993-94.

La campagne 1990-91 était caractérisée par deux pics où le cumul de pluie décadaire était supérieur à 50 mm (dernière décade du mois de novembre et première décade du mois de février), un déficit pluviométrique (pas de pluie) pendant le mois de janvier et une bonne distribution des pluies le long du mois de mars.

La campagne 1993-94 était caractérisée par une meilleure distribution de la pluviométrie de novembre jusqu'à février, de mars à juin, les pluies sont devenues rares à absentes.

L'évolution de la température maximale dans le temps était similaire pour les deux campagnes sauf que de fin février à début juin elle était d'une façon générale supérieure pour 1993-94. Au cours de cette campagne (1993-94), l'élaboration et le remplissage des grains ont donc beaucoup plus souffert du manque d'eau et des hautes températures ayant sévi durant la fin du cycle.

Les observations et mesures faites sur le végétal sont, la quantité de matière sèche totale, le rendement-grain et ses composantes, la concentration d'azote dans la paille et dans le grain. Les mesures d'azote dans le sol et dans le végétal ont été faites à l'aide de la méthode Kjeldhal. Les informations collectées ci-dessus ont permis de calculer l'efficacité et l'efficacité d'utilisation ainsi que l'efficacité d'absorption de l'azote. De même les quantités d'azote exportées dans les grains et dans la partie aérienne totale des plantes ainsi que l'indice de récolte ont été déterminés.

Pour avoir une idée sur la contribution de chacune des composantes de l'efficacité d'utilisation de l'azote dans la variation génotypique de cette efficacité, la transformation logarithmique des données a été faite.

En supposant  $Y = \log(\text{EUA})$  ou  $\log(\text{Rdt}_g/\text{N}_a)$

$X_1 = \log(\text{Rdt}_g/\text{Nt})$

$X_2 = \log(\text{N}_t/\text{N}_a)$

et puisque  $EUA = (Rdt_g/N_t) \times (N_t/N_a)$

$$Y = X_1 + X_2.$$

La contribution de chaque terme  $X_i$  dans la somme des carrés des écarts de  $Y$  est estimée par la méthode de Moll *et al.* (1982).

## Résultats et discussion

L'azote est l'élément fertilisant qui pose le plus de problème en agriculture pluviale marocaine. La réponse à l'apport d'azote dans ces conditions dépend de plusieurs facteurs, entre autres la richesse initiale du sol en cet élément (Soltanpour *et al.* 1989) et l'humidité du sol (Karrou 1992). En effet lorsque le sol est bien pourvu en azote, ce qui était le cas du site du domaine expérimental de Sidi El Aidi en 1990-91, l'effet de l'apport de la forte dose de N (60 kg N/ha) sur le rendement-grains (Tableau 1) était non significatif même si l'année était relativement humide (Fig. 1). En année relativement sèche enfin de cycle, cas de la campagne 1993-94 (Fig. 2), malgré la faible richesse du sol en azote, l'effet de l'augmentation de la dose d'azote restait non significatif (Tableau 2). Ce résultat peut s'expliquer par le fait que le déficit hydrique et les hautes températures qui ont sévi pendant la période de l'élaboration des composantes nombre de grains (fécondation) et poids du grain ont constitué un facteur plus limitant que la disponibilité en azote ; par conséquent les rendements sont restés d'une façon générale faibles. Pour mieux tirer profit de l'azote et éviter des apports non justifiés de cet élément, nous préconisons à ce que le raisonnement de la fertilisation azotée soit basé, non seulement sur la richesse initiale du sol en nitrates, mais aussi sur des études fréquentielles des conditions pluviométriques de l'année. Ce raisonnement peut être encore plus judicieux si des variétés plus adaptées sont utilisées. En effet, nos résultats montrent une variabilité génotypique pour le rendement. Certains génotypes tels que Merchouch 8 et Kanz ont la capacité de tolérer différentes situations azotées et hydriques et de donner des rendements relativement plus intéressants que la majorité des cultivars testés. Les variétés Jouda et Saba semblent aussi être adaptées mais seulement aux conditions du site de l'agriculteur de la région de Sidi El Aidi en 1993-94. Par contre, les cultivars Sibara et Baraka restent, comparativement aux autres variétés, moins productives.

La première catégorie de variétés à savoir Merchouch 8 et Kanz ont non seulement la caractéristique d'être productives mais aussi de pouvoir absorber ou exporter plus d'azote dans leur partie aérienne totale ainsi que dans leurs grains ; ce qui améliore la richesse protéinique du produit récolté. Les variétés Saba et Alkhair (en première année) et Jouda et Saba (en deuxième année) ont également absorbé des quantités importantes d'azote. Anderson *et al.* (1984a) ont montré que les génotypes les plus prolifiques de maïs ont la capacité d'accumuler plus d'azote et de remobiliser des quantités importantes de cet élément vers le grain. Alagarswamy and Seetharma (1983) ont suggéré que dans le cas du sorgho, la sélection pour une forte production de matière sèche et pour un indice de récolte élevé est suffisante pour assurer une forte absorption et remobilisation de N vers le grain.

Les données sur les exportations totales de N par les plantes (Tableaux 1 et 2) montrent que les quantités prélevées sont supérieures aux quantités apportées quelque soit la richesse initiale du sol en cet élément. La différence entre les apports et les exportations correspond à la contribution du sol. Néanmoins, les quantités fournies par le sol sont réduites sous les conditions d'apport de la forte dose de N. Les quantités absorbées sont plus élevées pour un sol riche que pour un sol pauvre. Ceci s'explique par le niveau de production de matière sèche totale qui était plus élevé dans le cas du sol initialement bien pourvu en azote et où les conditions pluviométriques étaient relativement plus favorables (résultats non présentés). L'importance de la fourniture d'N par le sol a été également démontrée par Moll *et al.* (1982) mais dans le cas de la faible dose de N seulement. Ces auteurs ont trouvé qu'approximativement la moitié de la quantité d'azote accumulé dans le végétal provient de la minéralisation de l'azote du sol. Cependant, dans notre étude la part fournie par le sol était supérieure à celle avancée par les auteurs cités ci-dessus. Elle était d'environ 2/3 des exportations dans le cas de la faible dose de N et de 1/3 pour la forte dose. Ces résultats montrent aussi que la quantité d'azote considérée comme forte était insuffisante pour satisfaire les besoins de la culture.

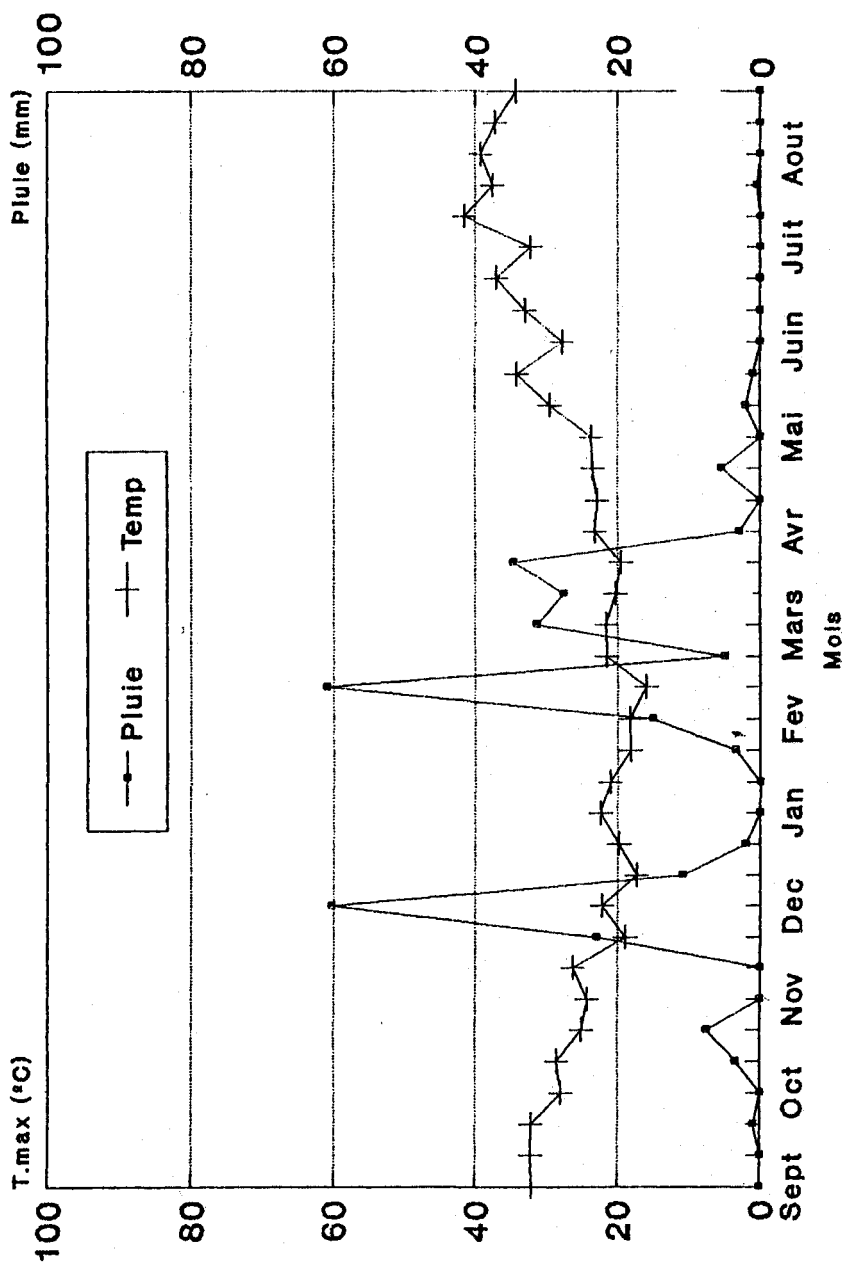
**Tableau 1.** Rendement-grains (Rdtg), quantité d'azote totale (N total) et quantité d'azote dans les grains (N grains), chez sept variétés de blé tendre cultivées sous deux niveaux d'azote au domaine expérimental de Sidi El Aidi (1990-91)

| Variété                               | Rdt <sub>g</sub><br>(Kg/ha) | N. Total<br>(Kg/ha) | N. Grains<br>(Kg/ha) |      |
|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------------|------|
| 20 KgN/ha                             |                             |                     |                      |      |
| Merchouch 8                           | 3336                        | 68.8                | 56.5                 |      |
| Jouda                                 | 2675                        | 63.1                | 50.3                 |      |
| Kanz                                  | 3332                        | 67.3                | 54.3                 |      |
| Saba                                  | 2803                        | 67.0                | 49.6                 |      |
| AlKhaïr                               | 2802                        | 63.3                | 46.9                 |      |
| Sibara                                | 2568                        | 61.2                | 48.6                 |      |
| Baraka                                | 2136                        | 55.6                | 34.2                 |      |
| Moyenne                               |                             |                     |                      |      |
| 60 KgN/ha                             |                             |                     |                      |      |
| Merchouch 8                           | 3373                        | 83.4                | 61.5                 |      |
| Jouda                                 | 2484                        | 70                  | 44.3                 |      |
| Kanz                                  | 3351                        | 77.0                | 63.2                 |      |
| Saba                                  | 2950                        | 81.5                | 56.4                 |      |
| Alkhaïr                               | 3177                        | 87.9                | 64.4                 |      |
| Sibara                                | 3009                        | 70.3                | 52.9                 |      |
| Baraka                                | 2298                        | 64.9                | 5.4                  |      |
| Moyenne                               | 2948                        | 6.5                 | 55.4                 |      |
| Résultats de l'analyse de la variance |                             |                     |                      |      |
| LSD (5 %)                             | Azote                       | NS                  | 4.9*                 | NS   |
|                                       | Var.                        | 350*                | 5.1*                 | 5.3* |
|                                       | Inter.                      | NS                  | 3.51*                | 4.1* |

NS= Non significatif

\*= Significatif

**Figure 1.** Evolution décadaire de la pluviométrie et de la température maximale à la station de Sidi El Aïdi pour la campagne 1990/91.



**Tableau 2.** Rendement-grains (Rdtg), quantité d'azote totale (N total) et quantité d'azote dans les grains (N grains), chez sept variétés de blé tendre cultivées sous deux niveaux d'azote chez un agriculteur de la région de Sidi El Aidi (1993-94).

| Variété                               | Rdt <sub>g</sub><br>(Kg/ha) | N. Total<br>(Kg/ha) | N. Grains<br>(Kg/ha) |      |
|---------------------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------------|------|
| 20 KgN/ha                             |                             |                     |                      |      |
| Merchouch 8                           | 2523                        | 60.3                | 46.4                 |      |
| Jouda                                 | 2676                        | 71.7                | 55.9                 |      |
| Kanz                                  | 2771                        | 76.8                | 57.4                 |      |
| Saba                                  | 2475                        | 71.5                | 53.7                 |      |
| AlKhair                               | 2066                        | 44.4                | 37.3                 |      |
| Sibara                                | 1997                        | 52.9                | 41.4                 |      |
| Baraka                                | 2291                        | 59.4                | 48.9                 |      |
| Moyenne                               | 2400                        | 62.4                | 48.7                 |      |
| 60 KgN/ha                             |                             |                     |                      |      |
| Merchouch 8                           | 2835                        | 87.8                | 64.6                 |      |
| Jouda                                 | 3187                        | 85.2                | 63.7                 |      |
| Kanz                                  | 2841                        | 73.9                | 61.2                 |      |
| Saba                                  | 2606                        | 83.9                | 61.2                 |      |
| Alkhair                               | 2489                        | 90.8                | 65.8                 |      |
| Sibara                                | 2273                        | 88.6                | 62.3                 |      |
| Baraka                                | 2227                        | 70.9                | 50.2                 |      |
| Moyenne                               | 2637                        | 83.0                | 61.3                 |      |
| Résultats de l'analyse de la variance |                             |                     |                      |      |
| LSD(5%)                               | Azote                       | NS                  | 10.3*                | 6.1* |
|                                       | Variété                     | 259*                | 3.1*                 | 3.3* |
|                                       | Inter.                      | NS                  | 4.2*                 | 3.2* |

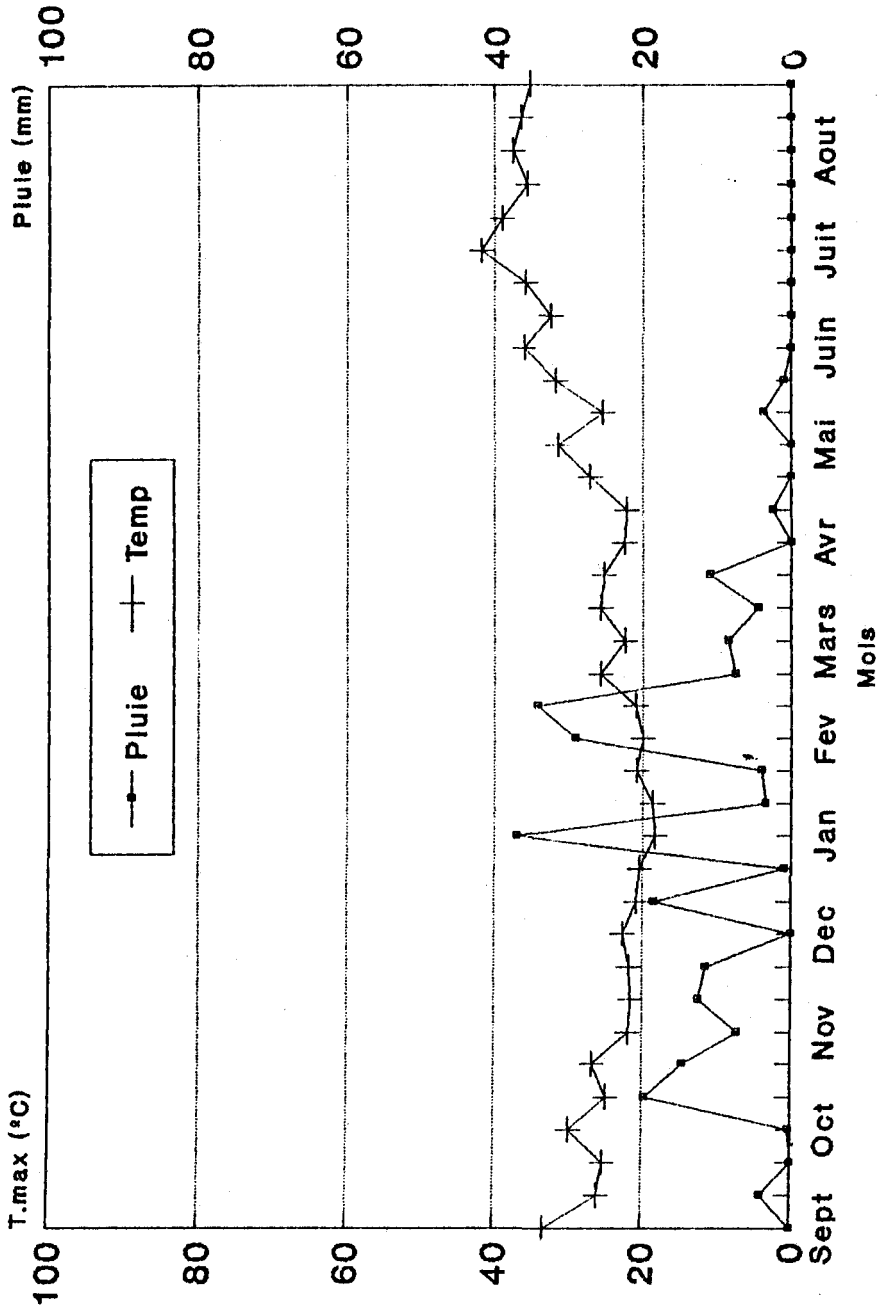
NS= Non significatif

\* = Significatif

Du fait que l'augmentation du rendement-grains n'était pas proportionnelle à l'augmentation de la dose de N, l'efficacité d'utilisation de cet élément était significativement réduite par l'apport de la forte dose (Tableaux 3 et 4). Cette disproportionnalité est due à la limitation des niveaux des rendements due aux conditions pluviométriques déficitaires des zones semi-arides. Les variétés ayant la possibilité de croître et de mieux se développer sous les conditions limitantes en eau ont eu le pouvoir d'absorber plus d'azote et de l'utiliser d'une façon plus efficace. En effet les variétés Merchouch 8 et Kanz ayant donné les meilleurs rendements restent encore intéressantes du point de vue efficacité d'utilisation de N. La variété Jouda a aussi abouti à des indices élevés surtout sous les conditions du site de l'agriculteur (1993-94) qui était initialement pauvre en azote. Ces variétés ont non seulement la capacité de tolérer les faibles doses de N mais aussi d'avoir des efficacités d'utilisation de cet élément relativement plus élevées sous des conditions de sol riche en azote. Cette caractéristique pourrait expliquer la large adaptation de ces variétés. Moll *et al.* (1987) ont montré que l'efficacité d'utilisation de l'azote, toutes doses confondues, est le critère le plus fiable pour la sélection de variétés ayant une meilleure efficacité d'utilisation de N.



**Figure 2.** Evolution décadaire de la pluviométrie et de la température maximale à la station de Sidi El Aïdi pour la campagne 1993/94.



La détermination de l'efficacité d'utilisation de l'azote nécessite les dosages de cet élément dans le végétal. Cette procédure demande beaucoup d'investissement et une main d'oeuvre qualifiée. En effet le nombre d'échantillons à traiter est souvent très élevé en amélioration génétique. Pour remédier à cette contrainte, plusieurs chercheurs s'intéressent actuellement à la détermination de critères plus simples de sélection pour l'efficacité d'utilisation de l'azote. Alagarswamy and Seetharma (1983) ont conclu que la sélection pour la biomasse et l'indice de récolte inclue la sélection pour l'efficacité d'utilisation de l'azote chez le sorgho. L'importance de la biomasse a été également démontré par Alagarswamy and Bidinger (1987) chez le petit mil et Karrou (1992) chez le blé tendre. Quant à Perby and Jensen (1987), ils ont avancé le rôle du tallage chez l'orge. Dans cette étude, plusieurs paramètres ont été évalués pour voir s'ils sont liés à l'efficacité d'utilisation de N. Ces paramètres sont le nombre d'épis, le nombre de grains, le poids de 1000 grains, la surface foliaire, la biomasse et l'indice de récolte et seuls le nombre de grains/m<sup>2</sup> ( $R^2= 0.81$ ) et la matière sèche totale ( $R^2= 0.75$ ) sous les conditions de sol pauvre en azote peuvent être considérés comme des critères potentiels de sélection.

**Tableau 3.** Efficacité d'utilisation (Rdtg/Na), efficacité d'utilisation (Rdtg/Nt) et efficacité d'absorption (Nt/Na) d'azote chez sept variétés de blé tendre cultivées sous deux niveaux d'azote au domaine expérimental de Sidi El Aidi (1990-91).

| Variété                               | Rdt/N <sub>t</sub> | Rdt/Na | N/N <sub>t</sub> |
|---------------------------------------|--------------------|--------|------------------|
| 20 KgN/ha                             |                    |        |                  |
| Merchouch 8                           | 166.8              | 48.52  | 3.44             |
| Jouda                                 | 133.8              | 42.50  | 3.16             |
| Kanz                                  | 166.6              | 49.95  | 3.36             |
| Saba                                  | 140.2              | 42.86  | 3.35             |
| Alkhair                               | 140.1              | 44.88  | 3.17             |
| Sibara                                | 128.4              | 42.16  | 3.06             |
| Baraka                                | 106.8              | 38.81  | 2.78             |
| Moyenne                               | 140.4              | 44.24  | 3.19             |
| 60 KgN/ha                             |                    |        |                  |
| Merchouch 8                           | 56.0               | 40.87  | 1.39             |
| Jouda                                 | 41.4               | 35.15  | 1.18             |
| Kanz                                  | 55.9               | 43.66  | 1.28             |
| Saba                                  | 49.2               | 36.25  | 1.36             |
| Alkhair                               | 53.0               | 36.17  | 1.46             |
| Sibara                                | 50.2               | 42.80  | 1.17             |
| Baraka                                | 38.0               | 35.70  | 1.08             |
| Moyenne                               | 49.1               | 38.66  | 1.28             |
| Résultats de l'analyse de la variance |                    |        |                  |
| LSD(5%) Azote                         | 40.2*              | 3.10*  | 1.61*            |
| Variété                               | 12.1*              | 4.20*  | NS               |
| Inter.                                | NS                 | NS     | 1.32*            |

NS= Non significatif

\* = Significatif

Les deux principales composantes de l'efficacité d'utilisation de l'azote (Moll *et al.* 1982) ont été déterminées. Il s'agit de l'efficacité d'absorption ( $N/N_a$ ) et l'efficacité avec laquelle l'azote absorbé est utilisé pour produire du grain (efficacité d'utilisation ou  $(Rdt/N)$ ). L'analyse de la variance montre que ces deux paramètres ont été réduits par l'apport de la forte dose de N. Alagarwamy and Bidinger (1987) ont expliqué ce phénomène dans le cas de l'indice 'Quantité de matière sèche totale/quantité totale d'azote absorbé' par le fait que le pourcentage d'augmentation de la biomasse chez le petit mil était plus faible que l'augmentation du pourcentage d'absorption de N. En plus de l'effet de l'azote sur ces paramètres, les effets de la variété et de l'interaction azote x variété étaient significatifs. Dans le cas de  $N/N_a$ , la réponse des variétés à l'apport de N a varié d'une année à une autre. En effet, Merchouch 8, Kanz et Saba ont mieux performé en première année sous les conditions de 20 KgN/ha. Pour la forte dose (60 Kg N/ha) les meilleures variétés étaient Alkhair, Saba et Merchouch 8. En deuxième année, Kanz, Jouda et Saba étaient les meilleures variétés pour 20 Kg N/ha et Alkhair, Sibara et Merchouch 8 pour 60 KgN/ha. Des différences génotypiques pour cet indice ont été également observées chez le maïs par Chevalier and Schrader (1977).

**Tableau 4.** Efficience d'utilisation ( $Rdtg/Na$ ), efficacité d'utilisation ( $Rdtg/Nt$ ) et efficience d'absorption ( $Nt/Na$ ) d'azote chez sept variétés de blé tendre cultivées sous deux niveaux d'azote chez un agriculteur de la région de Sidi El Aidi (1993-94)

| Variété                               | 20 KgN/ha          |                    | N/N <sub>a</sub> |       |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|------------------|-------|
|                                       | Rdt/N <sub>a</sub> | Rdt/N <sub>t</sub> |                  |       |
| Merchouch 8                           | 126.15             | 41.81              | 3.02             |       |
| Jouda                                 | 133.80             | 37.31              | 3.59             |       |
| Kanz                                  | 138.57             | 36.09              | 3.84             |       |
| Saba                                  | 123.75             | 34.61              | 3.58             |       |
| hair                                  | 103.27             | 45.35              | 2.22             |       |
| Sibara                                | 99.83              | 38.47              | 2.65             |       |
| Baraka                                | 114.55             | 38.53              | 2.97             |       |
| Moyenne                               | 119.98             | 38.88              | 3.12             |       |
| 0 KgN/ha                              |                    |                    |                  |       |
| Merchouch 8                           | 47.25              | 32.29              | 1.46             |       |
| Jouda                                 | 53.12              | 37.38              | 1.42             |       |
| Kanz                                  | 47.35              | 38.48              | 1.23             |       |
| Saba                                  | 43.43              | 31.04              | 1.40             |       |
| khair                                 | 41.49              | 28.36              | 1.51             |       |
| Sibara                                | 37.88              | 26.42              | 1.48             |       |
| Baraka                                | 37.11              | 31.45              | 1.18             |       |
| Moyenne                               | 43.94              | 32.20              | 1.38             |       |
| Résultats de l'analyse de la variance |                    |                    |                  |       |
| LSD(5%)                               | Azote              | 20.50*             | 3.20*            | 1.10* |
|                                       | Variété            | 7.50*              | 2.30*            | NS    |
|                                       | Inter.             | NS                 | 2.49*            | 1.35* |

NS= Non significatif  
= Significatif

En ce qui concerne l'indice  $Rdtg/Nt$ , il est à noter que quelque soit la dose de N apportée en première année, les meilleures valeurs ont été données par les variétés Kanz et Merchouch 8.

En deuxième année, les meilleures combinaisons étaient d'une part les variétés Alkhair et Merchouch 8 avec un apport de 20 KgN/ha et d'autre part les variétés Kanz et Jouda et un apport de 60 KgN/ha. Cette différence génotypique a été également observée par Zweifel *et al.* (1987) dans le cas du sorgho et Karrou (1992) dans le cas du blé.

La contribution relative des deux traits à savoir l'efficacité d'utilisation et l'efficience d'absorption dans la variation génotypique de l'efficience d'utilisation de l'azote est présentée dans le tableau 5. Ce tableau montre que la composante 'Efficacité d'utilisation de l'azote' a fortement contribué à l'efficience d'utilisation de cet élément nutritif dans le cas des deux niveaux d'azote. L'efficience d'absorption a moins contribué. Ceci est en contradiction avec les résultats obtenus par Moll *et al.* (1982). Ces auteurs ont montré que sous les conditions de la forte dose, l'efficience d'absorption a beaucoup plus contribué à l'efficience d'utilisation d'azote que l'efficacité d'utilisation. Par contre dans le cas de la faible dose, la contribution de l'efficacité était plus élevée. Il semble que la différence entre nos résultats et ceux de Moll *et al.* (1982) est due au fait que dans notre essai, la dose dite forte était insuffisante pour satisfaire les besoins de la culture. La différence pourrait aussi être attribuée à l'espèce utilisée qui était le maïs pour les auteurs précités et le blé dans notre cas. Youngquist and Maranville (1991) ont montré, chez le sorgho, plante qui talle comme le blé, l'intérêt de la composante efficacité d'utilisation de N. Ils ont également trouvé que la contribution de l'efficacité d'utilisation était plus forte pour la faible que pour la forte dose d'azote. De cette étude on peut conclure que 1) les variétés Merchouch 8 et Kanz ont une plus large adaptation que les autres variétés, 2) la sélection pour la biomasse totale est un critère qui peut aider dans la sélection pour une meilleure efficience d'utilisation de l'azote et 3) l'efficacité d'utilisation de l'azote contribue beaucoup plus à l'efficience d'utilisation de cet élément fertilisant que l'efficience d'absorption.

**Tableau 5.** Contribution relative de l'efficacité d'utilisation et de l'efficience d'absorption de N dans la variabilité génétique de l'efficience d'utilisation de l'azote chez sept variétés de blé tendre cultivées sous deux niveaux d'azote au domaine expérimental de Sidi El Aidi (1990-91) et chez un agriculteur de la même région (1993-94).

| Trait         | log   | N apporté<br>Kg/ha | 1990 - 1991                                      | 1993 - 1994                                      |
|---------------|-------|--------------------|--|--|
|               |       |                    | Fraction de la somme<br>des carrés de la variété | Fraction de la somme<br>des carrés de la variété |
|               |       |                    | $X_i Y / Y^2$                                    | $X_i Y / Y^2$                                    |
| $Rdt_g / N_s$ | Y     | -                  | -  | -  |
| $N_t / N_s$   | $X_1$ | 20                 | 0.235  | 0.239  |
|               |       | 60                 | 0.268  | 0.288  |
| $Rdt_g / N_t$ | $X_2$ | 20                 | 0.765  | 0.761  |
|               |       | 60                 | 0.733  | 0.712  |

## Références bibliographiques

- Alagarswamy G. and seetharma N. (1983). Biomass and harvest index as indicators of nitrogen uptake and translocation to the grain in sorghum genotypes. P. 423-427. In M.R. Saric and B.C. Loughman (ed.). Genetic aspects of plant nutrition. Martinus Nijhoff publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Alagarswamy G. and Bidinger F.R. (1987). Genotypic variation in biomass production and nitrogen use efficiency in pearl millet (*Pennisetum americanum* (L.) Leeks). p. 281-286. In H.W. Gabelman and B.C. Loughman (ed.). Genetic aspects of plant mineral nutrition. Martinus Nijhoff publishers. Dordrecht/Boston/Lancaster.
- Anderson E.L., Kamprath E.J. and Moll R.H. (1984a). Nitrogen fertility effects on accumulation, remobilization and partitioning of N and dry matter in corn genotypes differing in prolificacy. *Agron. J.* **76**: 397-404.
- Chevalier P. and Schrader L.E. (1977). Genotypic difference in nitrate absorption and partitioning of N among plant parts in maize. *Crop Sci.* **17**: 897-903.
- Karrou M. (1992). Physiological and morphological traits associated with nitrogen uptake and use in Moroccan wheats at different moisture regimes. PhD. Diss. University of Nebraska Lincoln, Lincoln U.S.A.
- May L., Van Sanford D.A., Mackown C.T. and Cornelius P.L. (1991). Genetic variation for nitrogen use in soft red x hard red winter wheat populations. *Crop sci.* **31**: 626-630.
- Moll R.H., Kamprath E.J. and Jackson W.A. (1982). Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agron. j.* **74**: 562-564.
- Moll R.H., Kamprath E.J. and Jackson W.A. (1987). Development of nitrogen efficient prolific hybrids of maize. *Crop Sci.* **27**: 181-186.
- Perby H. and Jensen P. (1987). Vegetative adaptation to N stress regimes in two barley cultivars with different N requirement p.361-367. In H.W. Gabelman and B.C. Loughman (ed.). Genetic aspects of plant mineral nutrition. Martinus Nijhoff publishers. Dordrecht/Boston/Lancaster.
- Pollmer, Eberhard W.G., Klein D. and Dhillon B.S. (1979). Genetic control of nitrogen uptake and translocation in maize. *Crop Sci.* **19**: 82-86.
- Soltanpour P.N., El Gharous M., Azzaoui A. and Abdelmonem M. (1989). A soil test based N recommendation model for dryland wheat. Commun. In Soil Sci. *Plant Anal.* **20**: 1053-1068.
- Van Sanford D.A. and Mackown C.T. (1986). Variation in nitrogen use efficiency among soft red winter wheat genotypes. *Theor. Appl. Genet.* **72**: 158-163.
- Zweifel T.R., Maranville J.W., Ross W.M. and Clark R.B. (1987). Nitrogen fertility and irrigation influence on grain sorghum nitrogen efficiency. *Agron. J.* **79**: 419-422.
- Youngquist J.B. and Maranville J.W. (1991). Relative contribution of component traits of N use efficiency to genotypic variation in Sorghum (draft).