

# Normes d'interprétation des analyses de sol pour les cultures de blé et de betterave en irrigué dans les Doukkala

M. Badraoui<sup>(1)</sup>, M. Agbani<sup>(1)</sup>, M. El Gharous<sup>(2)</sup>, M. Karrou<sup>(2)</sup> et B. Soudi<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat

<sup>(2)</sup> Institut National de la Recherche Agronomique, Settat

## 1. INTRODUCTION

La valorisation des équipements hydro-agricoles réalisés dans les périmètres irrigués du Maroc passe nécessairement par l'amélioration des rendements des principales cultures pratiquées. En plus de l'utilisation rationnelle de l'eau au niveau de la parcelle, l'efficacité d'utilisation de l'eau exige l'adoption d'une mise en valeur intensive basée sur des itinéraires techniques adaptés aux conditions pédo-climatiques et socio-économiques locales.

Les diagnostics agronomiques réalisés dans le périmètre des Doukkala ont montré que l'efficacité d'utilisation de l'eau d'irrigation, en terme de quantité de produits agricoles par m<sup>3</sup> d'eau, mérite d'être améliorée. Si elle est bien raisonnée, la fertilisation minérale est une des techniques culturales permettant de mieux valoriser l'eau d'irrigation.

L'utilisation rationnelle des engrais dépend de la richesse initiale du sol en éléments fertilisants, du type de sol, du stade d'apport et du niveau de rendement visé.

La détermination des normes d'interprétation des résultats d'analyses de sol est une étape indispensable dans le processus de calcul des plans de fumure des cultures. Cependant, malgré les efforts importants déployés durant la dernière décennie par l'ORMVAD et les autres partenaires tels que la COSUMAR, la SASMA, la DPV et l'IAV Hassan II, la pratique de la fertilisation de la betterave à sucre et des céréales dans les Doukkala n'est pas encore bien maîtrisée. En effet, les recommandations ne tiennent pas encore compte de la richesse initiale du sol en éléments fertilisants.

L'objectif principal de cette étude est l'établissement de normes d'interprétation des résultats des analyses de sol pour la fertilisation de la betterave et du blé sur les principaux types de sol du périmètre des Doukkala. Ainsi, les agriculteurs pouvant faire l'analyse de sol de leurs parcelles avant l'installation de la culture peuvent calculer les quantités d'engrais nécessaires en fonction de la richesse des

sols de leurs parcelles. Pour ceux n'ayant pas cette possibilité, des formules moyennes sont proposées à la lumière de la richesse moyenne de la majorité des parcelles de la région ou de l'arrondissement dont ils font partie.

Après une présentation succincte de la méthodologie, cet article résume les principaux résultats obtenus, les normes établies et les nouvelles formules proposées pour la fertilisation du blé et de la betterave en irrigué dans le périmètre Bas-Service des Doukkala. Enfin, des actions d'accompagnement sont recommandées.

## 2. METHODOLOGIE

La méthodologie utilisée dans ce travail a consisté en l'installation d'essais bifactoriels de réponse du blé et de la betterave sucrière à l'apport d'engrais azotés, phosphatés et potassiques. Ainsi, des doses croissantes de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et K<sub>2</sub>O sont apportées selon un dispositif expérimental en blocs aléatoires complets et les rendements obtenus sont déterminés. L'objectif est de savoir à partir de quelle teneur dans le sol en N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou K<sub>2</sub>O la betterave et/ou le blé ne répondent plus à l'apport d'engrais dans les conditions édaphiques, climatiques et techniques de conduite des cultures dans le périmètre irrigué des Doukkala. Dans le cas où la réponse de la culture à l'apport d'engrais est positive, la dose optimale permettant à l'agriculteur de réaliser le maximum de profit est calculée.

Le nombre d'essais prévus était de 24 pour le blé et 24 pour la betterave (8 de blé et 8 de betterave pour chaque campagne agricole), soit un total de 48 essais. Cependant, pour des raisons essentiellement climatiques, le nombre d'essais effectivement réalisés est de 22 pour le blé et 18 pour la betterave. Le taux de réussite des essais est de 83,3 % (40/48). En plus, les résultats des essais réalisés dans la région (8 pour la betterave et 8 pour le blé) dans le cadre de travaux antérieurs ont été utilisés. De ce fait, un total de 30 essais de blé et 26 essais de betterave ont été retenus pour la synthèse des résultats.

### Doses d'engrais utilisées dans les essais

#### *Cas du blé*

- 0, 150, 200 et 250 kg N/ha pour l'azote;
- 0, 45, 90 et 135 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha pour le phosphore sous forme de triple superphosphate (TSP, 45%) et
- 0, 60, 120 et 180 kg K<sub>2</sub>O/ha pour le potassium sous forme de sulfate de potassium à 48 %.

#### *Cas de la betterave*

- 0, 120, 240 et 360 kg N/ha pour l'azote;
- 0, 45, 90 et 135 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha pour le phosphore sous forme de triple superphosphate (TSP, 45%) et
- 0, 120, 240 et 360 kg K<sub>2</sub>O/ha pour le potassium sous forme de sulfate de potassium à 48 %.

### 3. PRINCIPAUX RESULTATS DES ESSAIS

#### 3.1. Résultats sur le blé

##### 3.1.1. Concernant l'azote

- La réponse à l'azote a été positive dans 17 sites sur les 22 réalisés.
- Le coefficient de réponse de rendement (CR) a varié entre 2 et 294 %.
- En général, les sols Tirs ont montré des CR plus faibles que les sols Rmel et Hamri. De même, les plus faibles rendements relatifs (RR) sont obtenus sur les sols Rmel et Hamri.
- La dose optimale d'azote a varié dans une gamme assez restreinte allant de 140 à 207 kg N/ha pour des rendements maxima compris entre 37 et 74 qx/ha. Aucune relation significative n'a pu être trouvée entre la dose optimale et le CR ou l'azote minéral initial du sol avant le semis.

##### 3.1.2. Concernant le potassium

- La réponse au potassium a été positive sur 4 sites ayant des teneurs en potassium échangeable variant entre 162 et 263 mg K<sub>2</sub>O/kg de sol.
- Les réponses positives au potassium ont été enregistrées seulement sur des parcelles à sols Faid, Hamri et Rmel ayant enregistré des rendements généralement supérieurs à 50 qx/ha.
- Le CR a varié entre 14 et 57 %.
- La teneur en potassium échangeable maximale en deçà de laquelle le blé a répondu à l'apport du potassium est de 263 mg K<sub>2</sub>O/kg sur sols Hamri ou Rmel.
- La dose optimale calculée pour les 4 sites sur lesquels le blé a répondu à l'apport du potassium a varié entre 27 et 108 kg K<sub>2</sub>O/ha.

##### 3.1.3. Concernant le phosphore

- La réponse au phosphore a été positive seulement sur 1 seul site des 15 testés, ayant une teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> assimilable (Olsen) de 17,5 mg/kg de sol.

#### 3.2. Résultats sur la betterave

##### 3.2.1. Concernant l'azote

- La réponse de la betterave à l'apport de l'azote a été positive sur 15 des 18 essais réalisés.
- Le CR a varié entre 5 et 87 %.
- La dose optimale d'azote calculée pour les sites qui ont répondu à l'apport d'azote a varié de 180 à 260 kg N/ha pour des rendements maxima compris entre

69 et 119 t/ha. Aucune relation significative n'a pu être trouvée entre la dose optimale et le CR ou N minéral initial.

### 3.2.2. Concernant le potassium

- La réponse de la betterave au potassium a été positive sur 13 sites des 21 testés ayant des teneurs en potassium échangeable variant entre 76 et 300 mg K<sub>2</sub>O/kg.
- Le CR a varié entre 10 et 36 %.
- Dans la gamme de la richesse en potassium échangeable testée, 3 classes de richesse peuvent être distinguées:
  - < 225 mg K<sub>2</sub>O/kg: réponse certaine;
  - entre 225 et 300 mg K<sub>2</sub>O/kg: réponse probable;
  - >300 mg K<sub>2</sub>O/kg: pas de réponse.
- La prise en compte du % d'argile a permis de préciser ces limites selon les types de sols.
- La dose optimale de potassium calculée pour les sites sur lesquels la betterave a répondu à l'apport du potassium a varié entre 150 et 450 kg K<sub>2</sub>O/ha.

### 3.2.3. Concernant le phosphore

- La réponse de la betterave au phosphore a été positive seulement sur 1 seul site des 10 testés, ayant une teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> assimilable (Olsen) de 12,2 mg/kg de sol.

## 4. DETERMINATION DES NORMES D'INTERPRETATION DES ANALYSES DE SOL

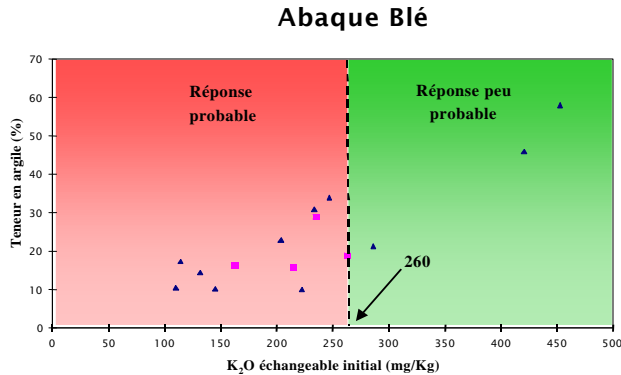
### 4.1 Pour le blé

#### 4.1.1. Azote

Aucune relation entre la teneur du sol en azote minéral ou en matière organique et la réponse du blé à l'apport de cet élément n'a pu être établie. De ce fait, il n'est pas possible de déterminer des normes d'interprétation de l'analyse du sol pour l'azote. La fertilisation azotée du blé doit être basée sur la méthode du bilan.

#### 4.1.2. Potassium

La réponse du blé au potassium est probable lorsque la teneur en K<sub>2</sub>O échangeable est inférieure à 260 mg/kg sur tous les types de sols à l'exception des Tirs et avec des rendements supérieurs à 50 qx/ha. Pour les sols Tirs, la réponse à l'apport du potassium est peu probable (Figure 1).



**Figure 1: Relation entre la teneur du sol en K échangeable et la teneur en argile: localisation des sites d'expérimentation avec le blé**

### 4.1.3. Phosphore

Des 15 essais réalisés, le blé a répondu à l'apport du phosphore seulement dans un seul site ayant 17,5 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/kg. Pratiquement, si la teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> assimilable (Olsen) est inférieure à 17,5 mg/kg, il serait judicieux d'apporter les besoins de la culture du blé en phosphore, même si la probabilité d'avoir une réponse est faible. Cette pratique garantirait le maintien de la fertilité phosphatée des sols.

## 4.2 Pour la betterave

### 4.2.1. Azote

Les mêmes remarques avancées pour l'adoption de la méthode du bilan pour le calcul des doses d'azote à apporter au blé sont valables pour la betterave.

### 4.2.2. Potassium

Deux abaques d'interprétation du potassium échangeable ont été établis; un avec le pourcentage d'argile et l'autre avec le capacité d'échange cationique (CEC). Ces deux abaques sont très similaires du fait de la bonne corrélation entre le % d'argile et la CEC dans les sols des parcelles d'essais (Voir abaque betterave). Ainsi, 3 zones sont délimitées:

- La zone qualifiée de faible: la réponse au potassium est systématique.
- La zone qualifiée de moyen: la réponse est probable.
- La zone qualifiée de élevé: la réponse est non probable.

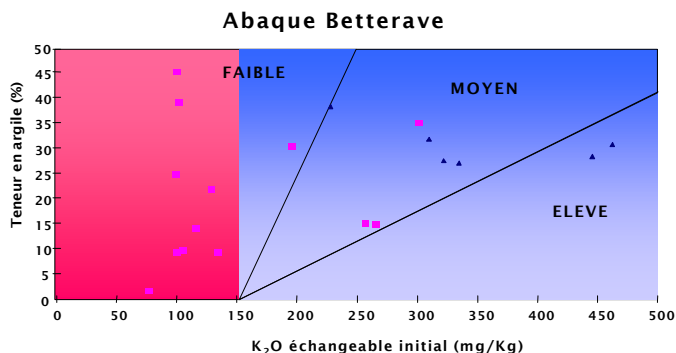


Figure 2: Abaque d'interprétation du K échangeable pour la betterave dans les Doukkala basé sur la teneur en argile

### 4.2.3. Phosphore

Des 10 essais réalisés, la betterave a répondu à l'apport du phosphore seulement dans un seul site ayant 12,2 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/kg. Si la teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> assimilable est inférieure à 12 mg/kg, il serait judicieux d'apporter les besoins de la culture de la betterave en phosphore, même si la probabilité d'avoir une réponse est faible. Cette pratique éviterait l'épuisement du sol en phosphore.

## 5. RECOMMANDATIONS D'APPORT D'ENGRAIS

Deux types de recommandations sont présentées en fonction de la disponibilité des analyses de sol:

- Pour les agriculteurs pouvant faire les analyses de sol avant la mise en culture de la parcelle, on parle dans ce cas de recommandations à la carte pour chaque parcelle analysée.
- Pour le reste des agriculteurs ne pouvant pas faire l'analyse de sol, des recommandations moyennes pour un rendement moyen en fonction de la richesse moyenne des sols de la majorité des agriculteurs.

### 5.1 Pour les agriculteurs disposant des analyses du sol

#### 5.1.1. Apports d'azote

La dose d'azote à apporter à la culture (blé ou betterave) peut être calculée en tenant compte du rendement souhaité, de l'efficacité d'utilisation de N, de la fourniture du sol et du coefficient d'utilisation apparente de N comme suit:

$$\text{Dose (kgN/ha)} = (\text{Besoins} - \text{Fourniture du sol}) / \text{CUA}$$

- Besoins (B) = Efficacité d'utilisation de N (kg N/ql) x rendement souhaité (qx/ha).

- Fourniture du sol en azote: Bouaziz et El Mourid (1998) ont établi une relation reliant la teneur en matière organique (MO) et le rendement du témoin en blé (Y) dans la région des Doukkala.

$$Y = MO / (0,014 MO + 0,016)$$

- CUA = Coefficient d'utilisation apparente de l'azote apporté.

$$CUA = [N \text{ absorbé (traitement fertilisé)} - N \text{ absorbé (témoin)}] / \text{Dose d'azote apportée}$$

### 5.1.2. Apports de potassium

#### *Pour le blé*

- Si le rendement souhaité par l'agriculteur est inférieur à 50 qx/ha, il n'a pas besoin d'apporter du potassium quel que soit le type de sol et la teneur en  $K_2O$  échangeable.
- Si le blé va être cultivé sur un sol Tirs, il n'est pas nécessaire d'apporter du potassium quel que soit le rendement souhaité et la teneur du sol en potassium.
- Si le sol est Hamri, Rmel ou Faid, et si la teneur en  $K_2O$  échangeable est inférieure à 260 mg/kg, il faut apporter les besoins du blé pour le rendement souhaité. Lorsque la teneur est supérieure à 260 mg  $K_2O$ /kg, l'apport du potassium n'est pas nécessaire.

#### *Pour la betterave*

La dose de potassium à apporter dépendra de l'analyse du sol (il faut utiliser l'abaque) et du niveau de rendement souhaité.

Pour produire 80 tonnes de betterave/ha sur une parcelle à teneur moyenne, il faut 480 kg  $K_2O$ /ha. Dans le cas d'un sol à teneur faible, il faut majorer par un coefficient de redressement pour rétablir l'état de fertilité de la parcelle. Ce coefficient est généralement égale à 1,2. Cela veut dire qu'à la tête de chaque rotation betterave-blé, les besoins de la betterave en potassium sont majorés de 20 % jusqu'à ce que l'analyse du sol montre que le niveau de  $K_2O$  échangeable a atteint la limite de la classe moyenne. Les quantités susmentionnées peuvent changer en fonction du rendement souhaité par l'agriculteur.

### 5.1.3. Apports de phosphore

#### *Pour le blé*

L'apport du phosphore serait nécessaire lorsque la teneur en  $P_2O_5$  assimilable est inférieure à 17,5 mg/kg. Si la teneur en phosphore d'une parcelle est inférieure à 17,5 mg  $P_2O_5$ /kg et si l'agriculteur souhaite produire 60 qx/ha, la quantité de phosphore nécessaire est de  $60 \times 0,6 = 36$  kg/ha.

### *Pour la betterave*

Le même raisonnement que celui fait pour le blé est valable pour la betterave, mais en prenant comme norme 12,2 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/kg. Alors, 80 tonnes de betterave ont besoin de  $80 \times 1,4 = 112$  kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha.

Les normes et données de base pour le calcul des doses d'engrais pour la fertilisation du blé et de la betterave sont consignées dans les tableaux 1 et 2.

### **5.2. Pour les agriculteurs ne disposant pas d'analyses du sol**

l'ORMVAD a réalisé durant les 3 années du PSDA les analyses de terre pour des centaines de parcelles réparties dans tous les arrondissements. Une interprétation des résultats de ces analyses en utilisant les normes établies dans ce travail a permis de juger de l'état de fertilité des parcelles et de faire des recommandations en conséquence. Les principaux résultats de cette analyse sont:

- La teneur en matière organique est faible dans tous les CDA.
- La teneur en potassium échangeable est variable. L'apport des besoins en potassium pour le blé est nécessaire dans tous les arrondissements où dominent les sols Hamri, Faid et Rmel, à savoir, Faregh, Sidi Bennour et Aounate. Globalement, l'apport du potassium pour le blé n'est pas nécessaire dans les arrondissements de Zemamra et Gharbia où les sols Tirs couvrent la plus grande superficie. Pour la betterave, la répartition de la richesse en potassium en fonction des arrondissements est présentée dans le tableau 3. Au total, 67 % des parcelles analysées ont des teneurs faibles.
- La quasi totalité des parcelles ont des teneurs en phosphore assimilable très largement supérieures à la norme pour le blé (17,5 mg/kg) et à celle pour la betterave (12,2 mg/kg). La logique du raisonnement veut que l'apport du phosphore sur la majorité des sols pour le blé et la betterave ne soit pas nécessaire. Cependant, l'esprit conservatoire de la fertilité des sols et le souci d'éviter des situations d'épuisement suggèrent d'apporter une certaine quantité de phosphore. Celle-ci pourrait être 50 % des besoins de la culture pour produire au moins 50 quintaux de blé ou 80 tonnes de betterave.

A la lumière des résultats concernant l'état de la fertilité actuelle des sols, 3 formules moyennes sont proposées (formules 1, 2 et 3).



**Tableau 1: Normes et données de base du calcul des doses d'engrais pour la fertilisation du blé**

Elément	Norme d'interprétation d'analyse de sol	Efficiéce d'utilisation (kg/ql)	Coefficient d'utilisation apparente	Observations
<b>Azote</b>	pas de norme	3,35 à 3,50	0,65	Fourniture du sol basée sur le rendement du témoin et la teneur en matière organique
<b>Potassium</b>	< 260 mg/kg, apport des besoins sur sols Hamri, Rmel et Faïd et pas d'apport sur Tirs	1,54	non applicable	Apport seulement si le rendement souhaité est supérieur à 50 qx/ha
<b>Phosphore</b>	< 17,5 mg/kg, apport des besoins sur tous les types de sols	0,6	non applicable	Apport recommandé pour éviter l'appauvrissement excessif du sol

**Tableau 2: Normes et données de base du calcul des doses d'engrais pour la fertilisation de la betterave**

Elément	Norme d'interprétation d'analyse de sol	Efficiéce d'utilisation (kg/tonne)	Coefficient d'utilisation apparente	Observations
<b>Azote</b>	pas de norme	3,14	0,56	Fourniture du sol basée sur le rendement du témoin sans apport d'azote à estimer
<b>Potassium</b>	Voir abaque d'interprétation en fonction du % d'argile ou de la CEC	6,0	non applicable	- Teneur faible: apport des besoins majorés de 20 % - Teneur moyenne: apport des besoins
<b>Phosphore</b>	< 12,2 mg/kg, apport des besoins sur tous les types de sols	1,4	non applicable	Apport recommandé pour éviter l'appauvrissement excessif du sol

**Tableau 3: Etat de fertilité potassique des sols par arrondissement**

Arrondissement	Niveau de fertilité potassique pour la betterave (mg/kg sol)		
	<b>FAIBLE</b>	<b>MOYEN</b>	<b>ELEVE</b>
Zemamra	82,4	13,8	3,8
Gharbia	48,6	48,6	2,8
Sidi Bennour	61,5	31,4	7,1
Faregh	67,9	24,1	8,0
Aounate	75,4	5,3	19,3
<b>TOTAL</b>	<b>66,7</b>	<b>26,8</b>	<b>6,5</b>

**Formule 1****Blé**

ADA Zemamra et Gharbia

La fertilisation pour un rendement de 50 qx/ha sera basée sur l'équilibre: [1N-0P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-0K<sub>2</sub>O] ou [1N-0,15P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-0K<sub>2</sub>O] avec l'apport de 53 kg N/ha au semis (+ 22,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha éventuellement) et 100 kg N/ha en couverture.

**Formule 2****Blé**

ADA Faregh, Sidi Bennour et Aounate

La fertilisation pour un rendement de 50 qx/ha sera basée sur l'équilibre: [1 N-0 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>- 0,45 K<sub>2</sub>O] ou [1 N-0,15 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-0,45 K<sub>2</sub>O] avec l'apport de 53 kg N et 75 kg K<sub>2</sub>O/ha au semis (+22,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha éventuellement) et 100 kg N/ha en couverture.

**Formule 3****Betterave**

tous les ADA et tous les types de sols

La fertilisation pour un rendement de 80 t/ha sera basée sur l'équilibre: [1N-0P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-1,63K<sub>2</sub>O] ou [1N-0,25P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-1,63K<sub>2</sub>O] avec l'apport de 73,5 kg N, et 240 kg K<sub>2</sub>O/ha au semis (+56 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /ha éventuellement) et 147 kg N+120 kg K<sub>2</sub>O/ha en couverture.

***Nouvelle formule retenue pour la betterave après concertation avec le CTRB dans les Doukkala***

**Pour un rendement de 80 t/ha de racines de bonne qualité technologique**

8 qx/ha de 8,75N-10P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-30K<sub>2</sub>O au semis + 3 kg/ha de bore au semis + 4 qx/ha d'urée et 2 qx/ha de sulfate de potasse en couverture + Enfouissement d'une partie des résidus à la récolte.

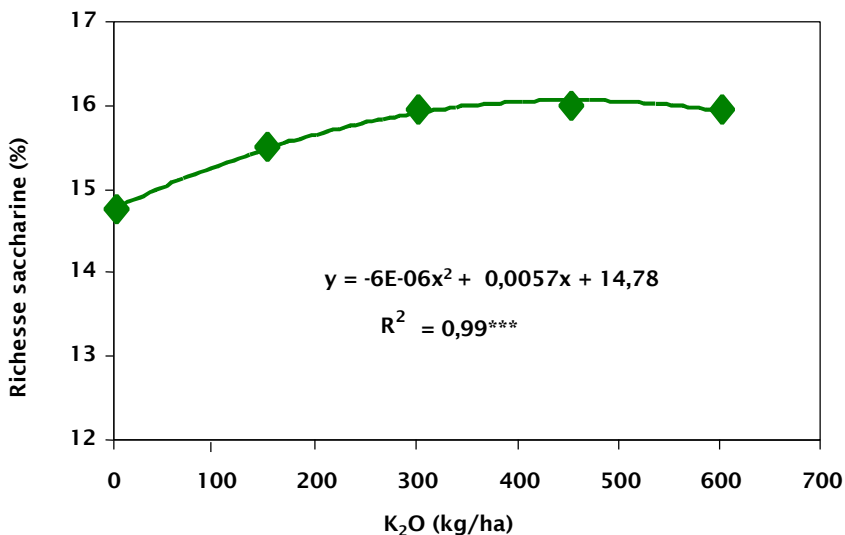
## 6. FERTILISATION ET QUALITE TECHNOLOGIQUE DE LA BETTERAVE

Etant donnée la grande richesse des sols des Doukkala en phosphore et la quasi-absence de réponse de la culture à cet élément, l'influence de la fertilisation sur la qualité de la betterave s'est focalisée sur l'azote et le potassium. Les effets de N, K et NxK sur la qualité sont illustrés à travers la richesse saccharine, les éléments mélassigènes ( $\text{N}\alpha$  aminé,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ), la pureté du jus de pression et le rendement sucre extractible.

### 6.1 Richesse saccharine et fertilisation N x K

Sans apport de potassium, l'azote réduit fortement la richesse saccharine. Chaque apport de 100 kg N/ha cause une diminution moyenne de la richesse de 0,62 %. Des corrélations similaires ont été trouvées, même si le potassium est apporté. Cependant, pour la même dose d'azote, le potassium améliore la richesse saccharine. A titre d'exemple, la figure 3 illustre l'influence positive de  $\text{K}_2\text{O}$  apporté sur la richesse saccharine à forte dose d'azote. Cette amélioration semble se stabiliser entre 300 et 450 kg de  $\text{K}_2\text{O}$ /ha.

Le rendement en sucre brut est le produit entre le rendement racines et la richesse saccharine. De ce fait, l'apport excessif d'azote aura tendance à réduire le rendement sucre brut. Par contre, avec son effet positif, le potassium anéanti l'effet négatif de l'azote en maintenant une richesse saccharine convenable.



**Figure 3: Effet de la fertilisation potassique sur la richesse saccharine de la betterave ayant reçu une forte dose d'azote (450 kg N/ha)**

## 6.2 Eléments mélassigènes et fertilisation N x K

L'extraction du sucre brut est influencée par une combinaison linéaire des teneurs dans la râpüre en  $N\alpha$  aminé,  $K^+$  et  $Na^+$  (en méq/100g). La quantité de sucre mélasse (non extractible) est reliée aux éléments mélassigènes par la formule empirique établie par Hachimi:

$$Sm = 5,67 + 0,091 Na + 0,34 Na^+ + 0,16 K$$

Toute pratique faisant augmenter les teneurs de l'un ou de l'ensemble de ces 3 éléments agira négativement sur le rendement en sucre extractible.

## 6.3 Na aminé et fertilisation N x K

Globalement, la fertilisation azotée fait augmenter la teneur de la râpüre en  $N\alpha$  aminé (Figure 4). Il est observé que les teneurs les plus élevées sont obtenues avec les apports de potassium les plus faibles. La fertilisation potassique réduit significativement la teneur en  $N\alpha$  aminé. Ce taux de réduction est en moyenne de 0,08 méq/100g pour chaque apport de 100 kg de  $K_2O$ /ha.

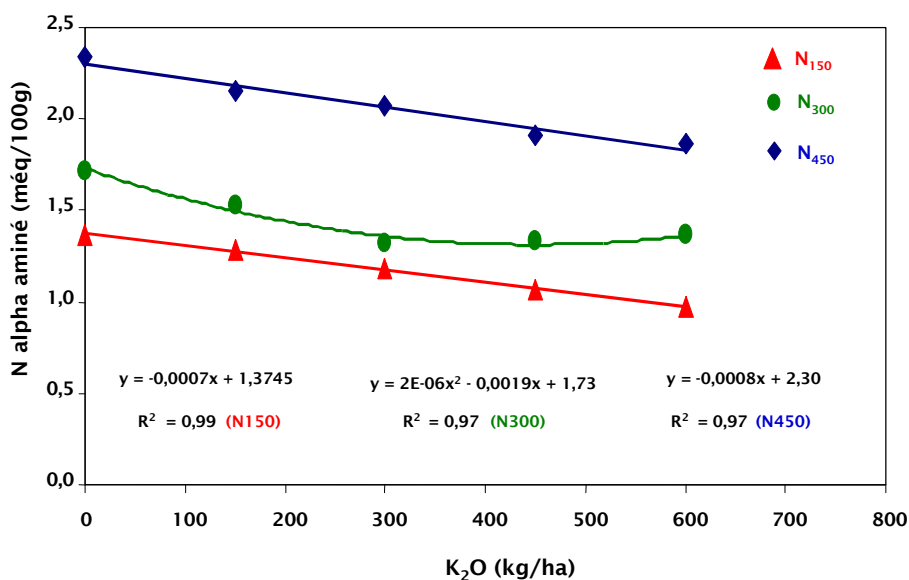
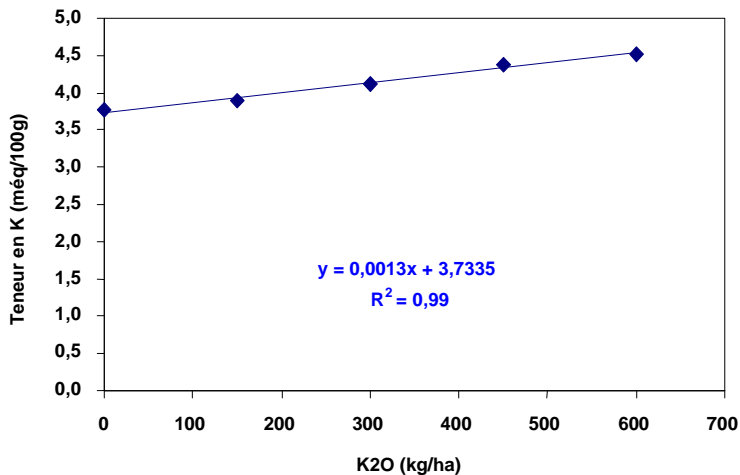


Figure 4: Effet de la fertilisation potassique sur la teneur en N alpha aminé de la râpüre de la betterave dans les Doukkala

## 6.4 K<sup>+</sup> et fertilisation N x K

L'azote n'a pas eu d'effet significatif sur la teneur de la râpüre en K. Par contre, l'apport de potassium fait augmenter cette teneur (Figure 5). Cependant, la teneur en K dans la râpüre n'atteint que rarement 5 méq/100g. Chaque 100 kg de K<sub>2</sub>O apporté/ha augmenterait la teneur du K dans la râpüre d'environ 0,13 méq/100g.



**Figure 5 : Effet de la fertilisation potassique sur la teneur en potassium de la râpüre de la betterave dans les Doukkala (N apporté: 150 kg/ha)**

## 6.5 Na<sup>+</sup> et fertilisation N x K

Il y a une tendance globale à l'augmentation du Na<sup>+</sup> suite à l'apport d'azote lorsque le potassium n'est pas apporté. La concentration en Na<sup>+</sup> varie de 2 à 5,5 méq/100g. La fertilisation potassique réduit considérablement la teneur du Na<sup>+</sup> dans la râpüre (Figure 6). Le taux de réduction est en moyenne de 0,27 méq/100g pour chaque 100 kg de K<sub>2</sub>O apporté/ha.

Il se dégage de cette analyse que l'azote, à forte dose, fait augmenter les concentrations en Na aminé et en Na<sup>+</sup> dans la râpüre et de ce fait augmente le sucre mélasse. Par contre, le potassium agit positivement sur la qualité en diminuant les concentrations en Na aminé et en Na<sup>+</sup> dans la râpüre. L'augmentation de la concentration en K dans la râpüre suite à l'apport de K<sub>2</sub>O est relativement moins importante que la diminution des deux autres éléments mélassigènes.

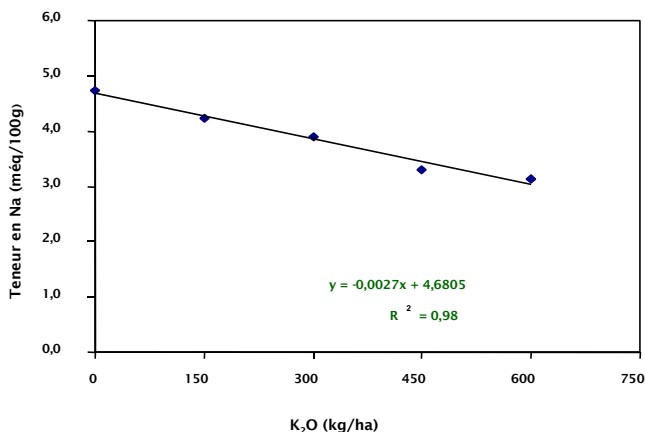


Figure 6: Effet de la fertilisation potassique sur la teneur en sodium de la rapure de betterave dans les Doukkala (azote apporté: 450kg/ha)

## 6.6 Pureté du jus de pression et fertilisation N x K

La fertilisation potassique améliore la pureté du jus de pression pour chaque dose d'azote apporté tandis que l'azote réduit considérablement la pureté (Figure 7). Sans apport de potassium, l'azote réduit en moyenne la pureté du jus de 89 % pour N<sub>150</sub> à 84 % pour N<sub>450</sub>. L'apport de 600 kg de K<sub>2</sub>O/ha fait gagner 3 % en pureté pour N<sub>150</sub> et seulement 2 % pour N<sub>450</sub>. Cette augmentation de la pureté suite à l'apport du potassium s'ajuste parfaitement à un modèle polynomial du 2<sup>ème</sup> degré.

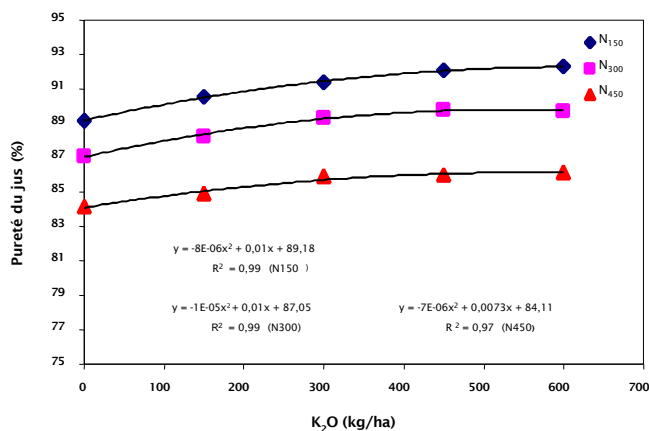


Figure 7: Effet de l'interaction azoto-potassique sur la pureté de jus de pression de la betterave dans les Doukkala

## 6.7 Rendement sucre extractible et fertilisation N x K

Le paramètre synthétique permettant de juger de la qualité technologique de la betterave est le rendement sucre extractible. Il est la résultante des effets positifs et négatifs sus-présentés. Il traduit la quantité de sucre produite par hectare.

Sans apport de  $K_2O$ , le rendement sucre extractible est relié à la dose d'azote apportée par une relation polynomiale. Le maximum moyen se situe entre 200 et 300 kg N/ha. Pour chaque dose d'azote apportée, le potassium améliore considérablement le rendement sucre extractible. Le maximum se situe entre 400 et 500 kg  $K_2O$ /ha. L'effet dépressif de l'azote sur le rendement en sucre extractible, en interaction avec le potassium, se manifeste clairement dans la figure 8. Aux traitements  $K_{450}$  et  $K_{600}$ , l'effet de l'azote est très limité. Par contre, aux apports faibles de potassium ( $K_{150}$  et  $K_{300}$ ), l'effet négatif de l'azote est plus apparent. Sans fertilisation potassique, l'azote réduit fortement le rendement sucre extractible.

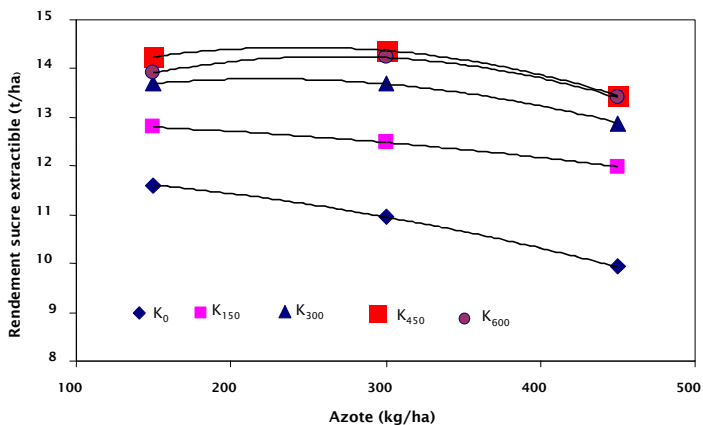


Figure 8: Effet de l'interaction N x K sur le rendement en sucre extractible dans les Doukkala

## 7. Conclusions

La mise en pratique des résultats de ce travail nécessite un suivi de la pratique de fertilisation des cultures du blé et de la betterave et de l'évolution de la fertilité des sols. Les mesures d'accompagnement suivantes sont recommandées:

- Renforcer les capacités d'analyses et de conseils en matière de fertilisation des cultures dans les Doukkala.
- Concertation avec les fabricants d'engrais pour l'élaboration de formules appropriées.
- Vulgarisation des résultats auprès des agriculteurs.
- Faire des essais de démonstration en grandes parcelles avec les nouvelles formules.

- Etablir un système d'information géographique permettant de constituer une base de données sur la fertilité des sols et son évolution dans le temps.
- Evaluer les conséquences agro-économiques de la mise en pratique des formules proposées.

Les travaux sur la fertilité des sols et la fertilisation de betterave dans les Doukkala montrent de manière très claire l'effet négatif des fortes doses (> 260 kg/ha) de l'azote sur la qualité de la betterave produite. Le potassium améliore considérablement la qualité. Des doses de 400 à 500 kg de  $K_2O$ /ha sont nécessaires pour produire de hauts rendements en sucre extractible.

Il est recommandé de revoir le mode de paiement des producteurs de la betterave en se basant sur le rendement sucre extractible ou sur les teneurs en éléments mélassigènes et non pas seulement sur le rendement racines et la richesse saccharine. Les concentrations en Na aminé, en  $Na^+$  et/ou en  $K^+$  de la râpüre seraient de bons indicateurs de la qualité.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Agbani, M., Hachimi, L., Badraoui, M., Souidi, B., 1996.** Projet d'amélioration de la productivité et de la qualité technologique de la betterave à sucre dans le périmètre des Doukkala : Rapport de synthèse COSUMAR/IAV Hassan II, 170 pages.

**Badraoui, M., Bouaziz, A., Kabassi, M., 1993.** Contraintes et potentialités des sols des Doukkala pour la céréaliculture intensive, Projet intensification de la production céréalière en irrigué, Vol I, DPV/MAMVA/IAV Hassan II.

**Benihya, B. (1993).** Essai multilocax pour l'établissement de références régionales de fertilisation azotée en irrigué, cas du blé dur dans les Doukkala. Mémoire de fin d'études, Agronomie, IAV Hassan II, Rabat.

**Bouaziz, A. 1994.** Projet de développement et amélioration de la production céréalière en irrigué dans les Doukkala. Vol III. Étude expérimentale, synthèse par technique et références régionales en matière de conduite des céréales: cas des Doukkala, partie: références techniques, MAMVA/DPV/IAV Hassan II. Rabat.

**Projet de Soutien au Développement Agricole (PSDA).** Détermination des normes d'interprétation des analyses de sol pour les cultures du blé et de la betterave sucrière sur les principaux types de sol du périmètre irrigué des Doukkala. Rapport de synthèse bibliographique (1995).

**Projet de Soutien au Développement Agricole (PSDA).** Détermination des normes d'interprétation des analyses de sol pour les cultures du blé et de la betterave sucrière sur les principaux types de sol du périmètre irrigué des Doukkala. Rapport des résultats des essais de l'année 1995-96.

**Projet de Soutien au Développement Agricole (PSDA).** Détermination des normes d'interprétation des analyses de sol pour les cultures du blé et de la betterave sucrière sur les principaux types de sol du périmètre irrigué des Doukkala. Rapport des résultats des essais de l'année 1996-97.



**Projet de Soutien au Développement Agricole (PSDA).** Détermination des normes d'interprétation des analyses de sol pour les cultures du blé et de la betterave sucrière sur les principaux types de sol du périmètre irrigué des Doukkala. Rapport des résultats des essais de l'année 1997-98.