



TRANSFERT DE TECHNOLOGIE EN AGRICULTURE

MAPM/DEFR

• Mai 2010 •

PNTTA

Mise au point de formules d'engrais de fond

Application à la betterave sucrière dans les Doukkala

Introduction

D'habitude, pour mettre au point des formules d'engrais de fond, c'est l'expérimentation au champ qui est utilisée. L'approche consiste à mettre en place un réseau d'essais organisé selon le principe fondamental du respect de la double variabilité liée à l'effet milieu et à l'effet année. En d'autres termes, les essais doivent être:

- suffisamment nombreux pour représenter l'hétérogénéité agro-pédologique du milieu concerné par le projet;
- répétés durant un nombre minimum d'années afin d'intégrer la variabilité liée au climat, particulièrement en zones d'agriculture pluviale.

Selon les cas, les essais peuvent être de types simples (dose croissante de N, P et K), plurifactoriels (NxP; NxK; PxK; NxPxK), multi-locaux annuels, de moyenne ou de longue durée.

La recommandation pour la fabrication de la formule d'engrais est ensuite tirée après synthèse approfondie des courbes (parfois des surfaces) de réponse, obtenues en utilisant les outils agronomiques et statistiques appropriés. L'engrais proposé est le plus souvent un ternaire N-P-K. Mais dans certaines circonstances, il peut être un binaire sans potasse N-P-0 (pour sols riches en K), un binaire sans phosphore N-0-K (pour sols riches en P) ou encore un binaire sans azote 0-N-P (pour sols où un apport de N au semis n'est pas jugé nécessaire).

Dans les pays en développement, les budgets alloués à la recherche ne sont pas toujours compatibles avec les coûts élevés de mise en place et d'entretien de réseaux d'essais performants. C'est l'une des raisons pour lesquelles il n'y a pas eu de progrès substantiel sur les grandes formules d'engrais de fond au Maroc, depuis plus d'un quart de siècle.

Le but de ce bulletin est de proposer une nouvelle approche pour mettre au point des formules d'engrais de fond alliant enquête agronomique au champ, chez des agriculteurs de référence, analyses de terre, de plantes et éventuellement des eaux d'irrigation.

Principe de la méthode

Dans les régions où l'expérimentation au champ est absente ou très fragmentaire, la fertilisation de fond (et par conséquent l'engrais correspondant), peut être calibrée sur les données réelles de terrain, en s'inspirant du concept de matrice de référence déjà utilisé par ailleurs, pour traiter d'autres problèmes agronomiques tels que le calibrage de la fertilité des sols.

Au sens de cette matrice, le réseau expérimental de référence est remplacé par un réseau d'agriculteurs de référence, choisis parmi ceux déjà parvenus aux objectifs poursuivis par la fertilisation.

Tout agriculteur dont on vérifie que les bons résultats ne sont pas le fait du type de sol ou de microclimats particuliers, mais la conséquence d'une meilleure conduite technique, peut faire partie de ce réseau. Et toute fumure de fond dont on vérifie qu'elle remplit les conditions d'une fertilisation raisonnée, est une fumure de référence utilisable pour ce calibrage. En d'autres termes, outre les objectifs classiques de productivité, de qualité et de revenu, la fumure doit respecter:

- la durabilité du système (pas de gestion minière par epuisement du capital fertilité);
- l'environnement (pas de pollution des aquifères par des excès d'engrais).

Au Maroc, on n'est pas en situation de surproduction en produits agricoles. La haute pro-

SOMMAIRE

n° 188

Fertilisation des cultures

- Principe de la méthode.....p.1
- Equations fondamentales.....p.1
- Application à la betterave aux Doukkala.....p.2
- Coût économique et fabrication de la formule...p.3
- Performances et limites de la méthode.....p.4
- Le cas de l'azote de couverture.....p.4

ductivité demeure un objectif stratégique du pays afin de combler en partie son déficit alimentaire. Le calibrage de l'engrais de fond ne peut être réalisé autour d'habitudes de fumure recherchant un emploi limité de fertilisants, mais par rapport aux pratiques d'agriculteurs d'avant garde, faisant jouer l'usage intensif de l'engrais (et autres techniques) pour maximiser le bénéfice, à travers la recherche d'excellents rendements dans un esprit de respect de la qualité de l'environnement et de la durabilité du système.

Equations fondamentales

Cas d'un sol à l'équilibre

Supposons que les agriculteurs membres du réseau de référence défini ci-dessus, réalisent chaque année, leurs objectifs de productivité élevée, de qualité et de revenu, avec une fumure juste équivalente aux absorptions de la culture en azote (N), en phosphore (P) et en potassium (K).

Si tel est le cas, la fumure respecte bien la double exigence de durabilité du système et de l'environnement. Elle peut donc être utilisée directement comme base pour la recherche de la formule d'engrais de fond.



Pour en déterminer les termes:

- Considérons l'azote comme base de calcul des équilibres comme cela est d'usage;
- Appelons X_0 , Y_0 et Z_0 , les absorptions de référence en N, P et K ci-dessus;
- Considérons le cas général d'un engrais ternaire NPK;
- Retenons l'hypothèse qu'une partie seulement de l'azote est apportée sous forme d'engrais de fond et appelons θX_0 cette fraction (avec $\theta < 1$, par exemple $\theta = 1/3$);
- Considérons que la totalité du phosphore et de potasse est apportée sous forme d'engrais de fond.
- Désignons par A la concentration en azote de l'engrais recherché.

D'après cet ensemble d'hypothèses, il est évident que:

- le plus grand multiple commun de l'engrais de fond à fabriquer correspond à la fumure totale de fond elle-même, soit:

$$\theta X_0 - Y_0 - Z_0 \quad (1)$$

- le plus petit diviseur commun de l'engrais de fond à fabriquer correspond à l'équilibre de base obtenu en rapportant les 3 éléments à l'azote, ce qui donne:

$$\frac{\theta X_0}{\theta X_0} - \frac{Y_0}{\theta X_0} - \frac{Z_0}{\theta X_0} \quad \text{ou} \quad 1 - \frac{Y_0}{\theta X_0} - \frac{Z_0}{\theta X_0} \quad (2)$$

D'autre part, on sait que l'engrais ternaire à fabriquer est forcément un sous multiple de (1) ou un multiple de (2), soit:

$$A \left(1 - \frac{Y_0}{\theta X_0} - \frac{Z_0}{\theta X_0} \right) \quad \text{ou} \quad A - \frac{AY_0}{\theta X_0} - \frac{AZ_0}{\theta X_0} \quad (3)$$

Lors de la fabrication, que ce soit par voie de synthèse ou par simple mélange mécanique on sait que les produits de base utilisés ne sont jamais des molécules NPK purs, mais des sels contenant d'autres éléments accompagnateurs (H dans NH_3 , H et O dans NH_4NO_3 et H_3PO_4 , Cl dans KCl, S et O dans K_2SO_4 ...). Les mises à mille ont donc des limites dont certaines sont des limites naturelles, dont les plus évidentes sont:

$$A + \frac{AY_0}{\theta X_0} + \frac{AZ_0}{\theta X_0} \ll 100$$

$$A + \frac{AY_0}{\theta X_0} + \frac{AZ_0}{\theta X_0} \leq L$$

La valeur de A se déduit directement de cette dernière inégalité:

$$1 < A \leq \frac{L\theta X_0}{\theta X_0 + Y_0 + Z_0} \quad (4)$$

L étant la limite supérieure de la somme N+P+K (ou N+P₂O₅+K₂O pour rester conforme au mode d'expression usuel), en % de la masse de l'engrais, qu'on ne peut pas dépasser dans un atelier de synthèse ou de fabrication de bulk blending, compte tenu des problèmes technologiques liés au procédé lui-même, à la composition des produits de base, ou aux contraintes d'évolution de la qualité de l'engrais après fabrication.

Au Maroc, l'engrais ternaire le plus riche présent sur le marché est le 14-28-14C (NPK = 56 %), fabriqué par l'OCP et destiné théoriquement aux céréales. Dans les grands pays agricoles européens comme la France, on peut citer le 17-17-17C préconisé pour la betterave à sucre.

Cas d'un sol en déséquilibre

Les écritures (1), (2), (3) et (4) du paragraphe ci-dessus ne sont valables que dans le cas strict d'hypothèses de:

- sol bien pourvu en NPK;
- plante entière exportée et de zéro restitution au sol;
- pertes nulles d'éléments par voie de lessivage, fixation ou rétrogradation.

Si l'analyse de sol montre que la productivité était réalisée au détriment de la fertilité du sol (appauvrissement en P et/ou en K), la formule d'engrais doit être corrigée afin de restaurer le capital de fertilité et respecter le principe de durabilité du système.

Soient E_1 et E_2 ces redressements respectifs en P et K, T_1 et T_2 le nombre d'années sur lesquelles on se propose de les étaler. En introduisant ces paramètres dans l'écriture (1), celle-ci devient:

$$\theta X_0 - Y_0 + \frac{E_1}{T_1} - Z_0 + \frac{E_2}{T_2} \quad (5)$$

Si pour des impératifs agronomiques ou économiques, on décide de restituer chaque année au sol les sous produits (pailles, fanes, feuilles et collets de betterave,...), ce qui est rare en grande culture au Maroc, une correction s'impose afin d'en tenir compte, du moins pour P et K qui peuvent être raisonnés sur une rotation.

Appelons ces paramètres a_1 et a_2 ($0 < a_1 < 1$ et $0 < a_2 < 1$) et introduisons-les dans l'écriture (5). Ce qui conduit à une 6^{ème} écriture:

$$\theta X_0 - a_1 Y_0 + \frac{E_1}{T_1} - a_2 Z_0 + \frac{E_2}{T_2} \quad (6)$$

La formule ci-dessus n'est pas complète, car elle doit encore intégrer des coefficients de correction, pour tenir compte des pertes par lessivage pour N (et/ou volatilisation), à condition que ces pertes ne soient pas le fait d'abus (préservation de l'environnement), rétrogradation et fixation pour P et K.

Désignons ces coefficients respectivement par C_1 , C_2 et C_3 et introduisons les dans l'écriture (6). On obtient alors la formule finale co-intégrant l'ensemble des corrections:

$$1 - \frac{(1-C_1)\left(a_1 Y_0 + \frac{E_1}{T_1}\right)}{\theta X_0(1-C_2)} - \frac{(1-C_1)\left(a_2 Z_0 + \frac{E_2}{T_2}\right)}{\theta X_0(1-C_3)} \quad (8)$$

L'équilibre de base et l'étiquette de l'engrais s'en déduisent directement en divisant chaque membre par $[\theta X_0]/(1-C_1)$ et en multipliant par la concentration A; ce qui conduit aux nouveaux résultats suivants:

- Equilibre de base:

$$A - \frac{A(1-C_1)\left(a_1 Y_0 + \frac{E_1}{T_1}\right)}{\theta X_0(1-C_2)} - \frac{A(1-C_1)\left(a_2 Z_0 + \frac{E_2}{T_2}\right)}{\theta X_0(1-C_3)} \quad (9)$$

- Etiquette de l'engrais:

$$A + \frac{A(1-C_1)\left(a_1 Y_0 + \frac{E_1}{T_1}\right)}{\theta X_0(1-C_2)} + \frac{A(1-C_1)\left(a_2 Z_0 + \frac{E_2}{T_2}\right)}{\theta X_0(1-C_3)} \ll 100 \quad (10)$$

- Contraintes primaires de fabrication:

Contrainte absolue

$$A + \frac{A(1-C_1)\left(a_1 Y_0 + \frac{E_1}{T_1}\right)}{\theta X_0(1-C_2)} + \frac{A(1-C_1)\left(a_2 Z_0 + \frac{E_2}{T_2}\right)}{\theta X_0(1-C_3)} \ll 100 \quad (10)$$

Contrainte pratique

$$A + \frac{A(1-C_1)\left(a_1 Y_0 + \frac{E_1}{T_1}\right)}{\theta X_0(1-C_2)} + \frac{A(1-C_1)\left(a_2 Z_0 + \frac{E_2}{T_2}\right)}{\theta X_0(1-C_3)} \leq L \quad (11)$$

Choix de la concentration A

$$1 < A < \frac{L\theta X_0(1-C_1)(1-C_2)}{\theta X_0(1-C_2)(1-C_3) + (1-C_1)(1-C_2)\left(a_1 Y_0 + \frac{E_1}{T_1}\right) + (1-C_1)(1-C_2)\left(a_2 Z_0 + \frac{E_2}{T_2}\right)} \quad (12)$$

Application à la betterave à sucre dans les Doukkala

Problématique spécifique du périmètre

Les Bas Services des Doukkala sont l'un des plus importants périmètres betteraviers du Maroc, avec une superficie totale irriguée de 62.000 ha et une superficie annuelle en betterave de l'ordre de 14.000 ha.

Dans un premier diagnostic agronomique réalisé dans ce périmètre en 1987, la fertilisation a été le facteur tête de liste mis à l'index pour expliquer la tendance à la dégradation de la richesse en sucre de la betterave (Figure 1).

Alors que la recommandation de fertilisation pour cette culture est 5 qx/ha de 13-26-13 avec un complément azoté de couverture au plus égal à 115 U/ha, globalement, les pratiques réelles de fertilisation sur le terrain (Tableau 1), étaient caractérisées par la triple particularité:

- d'un usage abusif d'azote, expliqué en partie par les très fortes productivités en racines recherchées et en partie par la lixiviation, faute d'un bon contrôle des doses d'irrigation;
- d'un excès de phosphore, du à la nature de l'engrais utilisé, particulièrement riche en phosphore et pauvre en potasse (emploi d'engrais de type N-2P-K tels le 14-28-14C, 13-26-13,...);
- d'une très faible dose de potasse, eu égard aux besoins élevés de la betterave en cet élément.

Vingt ans après, de telles pratiques avaient entraîné dans le milieu des changements d'état de fertilité importants dont les plus visibles à l'analyse étaient un enrichissement en P, un appauvrissement en K, et un début de pollution de la nappe en nitrates.



Informations exploitées pour la recherche d'un nouvel engrais de fond

Dans le contexte des Doukkala, l'usage abusif d'azote, de phosphate, et la production au détriment du potassium du sol étaient la règle, y compris chez le réseau des 57 producteurs de pointe retenus dans l'étude, comme agriculteurs de référence en raison de leurs performances régulières en tonnage racines ($R > 60$ t/ha) et en qualité relative en sucre ($R_c > 16\%$). Nous étions donc en présence d'une stratégie agronomiquement performante à court terme certes, mais ne respectant ni l'environnement ni la durabilité du système. D'où la nécessité d'un engrais permettant de « rappeler tout le monde à l'ordre » et de rétablir d'urgence un premier équilibre vital dans l'ensemble du périmètre. Manifestement, ce sont les formules (7) à (11) précédentes qui sont les mieux adaptées à ce cas de figure. Le tableau 2, présente les données de bases utilisées pour réaliser les calculs.

Pour une productivité de référence de 70 t/ha, une richesse en sucre de référence de l'ordre de 17%, les résultats obtenus dans le cadre du suivi direct de parcelles dans les Doukkala sont les suivants:

- Absorptions totales moyennes:

$$X_0 = 205 \text{ U/ha}; Y_0 = 70 \text{ U/ha}; Z_0 = 315 \text{ U/ha}$$

- Avance azotée sous forme d'engrais de fond correspondant à l'absorption durant la phase levée-70 jours:

$$\theta X_0 = 0,39 X_0 = 80 \text{ U/ha}$$

- Correction de la fraction azotée θX_0 , compte tenu de l'azote résiduel confortable du sol ($\text{NO}_3 > 20$ ppm) au démarrage de la culture:

$$C_1 = 0$$

- Enrichissement en P pour faire relever le reste des sols (soit 30%) au dessus de la barre d'entretien, fixée provisoirement à l'époque à 20 ppm de P_{Olsen} (Figure 2):

$$E_1 = 100 \text{ U}$$

- Durée de redressement et coefficient de correction: $T_1 = 10$; $C_2 = 0$

- Enrichissement en K pour redresser les sols en tenant compte de leur taux d'argile et de leur Kech. moyen (Figure 3):

$$E_2 = 300 \text{ U/ha}$$

- Durée de redressement et coefficient de correction pour tenir compte du pouvoir fixateur moyen des sols concernés:

$$T_2 = 10; C_3 = 0,27$$

Résultats des calculs avec hypothèse plante entière enlevée

Fumure totale (7'):

- terme azote: $\frac{\theta X_0}{(1-C_1)} = 80 \text{ U/ha}$
- terme phosphore: $\frac{a_1 Y_0 + \frac{E_1}{T_1}}{(1-C_2)} = 80 \text{ U/ha}$
- terme potasse: $\frac{a_2 Z_0 + \frac{E_2}{T_2}}{(1-C_3)} = 472 \text{ U/ha}$

Equilibre de base (8'):

- terme azote = 1;
- terme phosphore: $\frac{(1-C_1) \left(a_1 Y_0 + \frac{E_1}{T_1} \right)}{\theta X_0 (1-C_2)} = 1$
- terme potasse: $\frac{(1-C_1) \left(a_2 Z_0 + \frac{E_2}{T_2} \right)}{\theta X_0 (1-C_3)} = 5,5$

ou:

$$1 - 1 - 5,9 \quad (8'')$$

Du fait de l'importance de la potasse dans la fumure, cet équilibre est très disproportionné pour faire l'objet d'une fabrication directe. Il est très pauvre en N et P et trop riche en K. Pour lever cette contrainte, la solution consisterait par exemple à jumeler engrais ternaire de type 10-10-30 et engrais simple granulé, dans une stratégie d'épandage de ce dernier soit chaque année, soit une fois tous les 2 ou 3 ans, à raison d'un équivalent de 4 qx/ha de chlorure de potasse ou 4,5 qx/ha de sulfate de potasse.

Difficultés inhérentes au coût économique et à la fabrication de la formule

A la fin des travaux, le Comité Technique Régional de la Betterave (CTRB), s'étant rendu compte que le problème de l'engrais de fond n'était pas seulement d'ordre agronomique, de changement d'une formule par une autre plus appropriée, mais aussi de coût économique et de choix du bon moment pour sa vulgarisation.

Outre le principe de tenir compte de la réticence des agriculteurs à l'égard de tout ce qui est nouveau, la promotion de ce nouvel engrais avait coïncidé avec une époque de crise où la culture de la betterave était remise en cause, en raison du coût énergétique jugé trop élevé de l'irrigation par aspersion.

Compte tenu de la baisse drastique de rentabilité, imposée au secteur par les circonstances, il ne fallait surtout pas parler d'un produit plus cher que 13-26-13S déjà utilisé, au risque d'être boycotté par les agriculteurs.

L'idée du KCL comme source de potasse dans la fabrication a été la première suggérée comme solution pour diminuer le coût de l'engrais, mais n'a pas été retenue du fait de l'indice de salinité élevé de ce produit. L'eau de l'Oum R'bia utilisée pour l'irrigation étant déjà salée ($\text{EC} = 1,45$ mmhos/cm).

C'est l'enfouissement obligatoire des feuilles et collets qui été finalement retenu afin de diminuer la dose, d'où la formule définitive suivante:

Fumure totale avec hypothèse racine seule enlevée (7'')

-Exportations minérales de la racine:

$$N = 1,30 \text{ U/t}, P_2O_5 = 0,58 \text{ U/t}, K_2O = 1,79 \text{ U/t.}$$

avec un équilibre de base (8''):

$$1 - 0,63 - 2,70S$$

Avec comme possibilité d'apport:

- Un engrais dosant 10-7-14S à raison de 8 qx/ha + 2,2 qx/ha de sulfate de potasse compacté;

- Un engrais dosant 11-7-20S à raison de 7,3 qx/ha + 1,7 qx/ha de sulfate de potasse compacté;

- Un seul engrais ternaire dosant 11-7-30S à raison de 7,3 qx/ha;

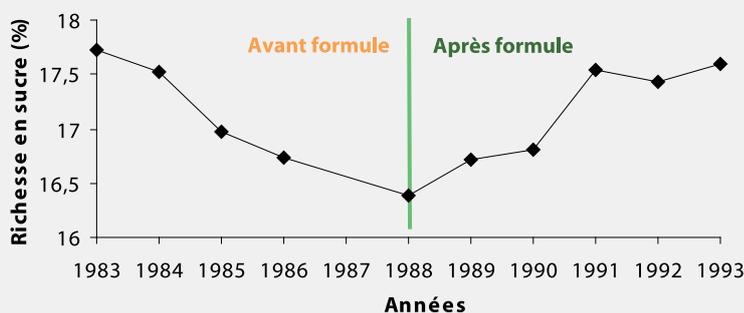


Figure 1: Evolution de la richesse en sucre de la betterave dans le périmètre des Doukkala

Tableau 1. Doses totales d'azote, de phosphore et de potasse appliquées sur la betterave dans les exploitations de pointe des Doukkala (U/ha)

	Azote	Phosphore	Potasse
Dose appliquée	450	340	170
Besoins pour 70 t/ha	250-300	70-90	350-450
Ecart	+150 à +200	+270 à +250	-180 à -280

Tableau 2. Rendement (t/ha), richesse en sucre (%) et prélèvements en NPK(kg/t) et en Bore (g/t) par la betterave dans les Doukkala

Rendement (t/ha)	Richesse en sucre	N prélevé		P ₂ O ₅ prélevé		K ₂ O prélevé		Bore prélevé	
		PEE	RSE	PEE	RSE	PEE	RSE	PEE	RSE
70	17,2	2,93	1,30	1,00	0,58	4,50	1,79	6,10	2,50

PEE: plante entière enlevée; RSE: racine seule enlevée.

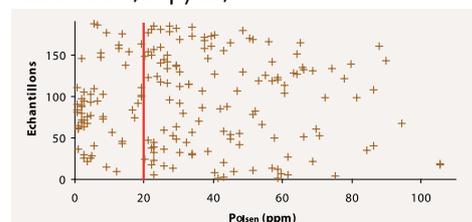


Figure 2: Richesse en phosphore assimilable méthode Olsen des sols des Doukkala

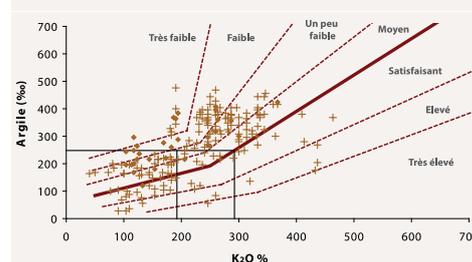


Figure 3: Richesse en potassium échangeable des sols des Doukkala (Abaque de Ait Houssa et al., 1991)

Après de longues tractations, ce n'est pas l'engrais souhaité ci-dessus, dosant du 11-7-30S qui avait été approuvée, mais une formule un peu plus pauvre en potasse, dosant du 8-10-26S à raison de 7 qx/ha.

L'autre contrainte rencontrée a été de trouver un industriel motivé pour fabriquer la formule. Plus habitués aux grandes formules tels que le DAP, l'ASP, le 14-28-14C, ... aucun des grands ateliers du Maroc n'a manifesté un intérêt pour fabriquer le petit volume des 10.000 t de produit demandés. Faute de partenaire local, l'engrais a été d'abord distribué sous forme de bulk blending. Il n'a été fabriqué sous forme de complexe dosant du 10-8-26S (puis du 9-10-30S à partir de 2000) par l'Usine d'Atochem de basse Indre (France) que 3 ou 4 années plus tard.

Performances et limites de la méthode

Les Doukkala ont été l'un des rares périmètres irrigués, où la fertilisation sur betterave a fait l'objet d'une expérimentation soutenue après la vulgarisation de la nouvelle formule d'engrais de fond en 1987, avec un premier programme d'essais financé par les Sucreries de la région de 1990 à 1994, relayé par un second financé par la Banque Mondiale (Projet de Soutien au Développement Agricole, de 1997 à 2000).

Une concordance remarquable est apparue entre les résultats de la présente méthode et la méthode expérimentale qui fait appel à la réponse à NPK au champ:

- dose optimale moyenne d'azote fixée en 1987 à 270 U/ha contre 200 à 300 U/ha au terme de dix années d'essais.
- réponse positive probable à K prévue dans 66 % des sols (Figure 2) contre réponse effective dans 62 % dans les essais;
- réponse peu probable à P contre non réponse dans 9 essais sur 10; quoi que la norme utilisée en 1987 pour interpréter le $P_{0.5}$ soit un peu élevée pour avoir été empruntée aux agrumes, faute de mieux: 20 ppm contre 12 ppm établis par voie expérimentale.

Pour l'engrais de fond qui nous intéresse ici, la formule moyenne préconisée pour le périmètre au terme de ces expérimentations a été pratiquement la même, soit:

8 qx/ha de 8,75-10-30S pour un rendement de 80 t/ha

En l'an 2000, le CTRB a cependant constaté que l'enfouissement obligatoire des «verts», pris comme hypothèse en 1987, pour diminuer la potasse dans l'engrais de fond, était un objectif difficile à tenir. Confronté à une insuffisance cruciale de rentabilité de son activité, souvent l'agriculteur préfère vendre ces sous produits, ce qui lui permet d'améliorer son revenu de 2000 à 3000 Dh/ha. D'où une nouvelle recommandation plus modérée de n'enfourir qu'une partie des feuilles et collets, quitte à majorer la fumure d'un complément de 2qx/ha de sulfate de potasse en couverture.

L'autre moyen pratique d'évaluer l'apport de la méthode sur le terrain est fourni par la figure 3, qui montre le rétablissement spectaculaire constaté sur la richesse en sucre dans le périmètre (branche ascendante de la courbe), après la vulgarisation de la nouvelle formule d'engrais de fond en 1987.

Même si ce résultat ne peut être interprété comme une corrélation de cause à effet, on ne peut s'empêcher de le relier au changement apporté à l'engrais de fond, en particulier à l'amélioration de la dose de potasse, dont l'impact positif sur la qualité a été démontré expérimentalement par la suite au champ à grande échelle.

Le cas de l'azote de couverture

Dans les Doukkala, comme dans beaucoup d'autres périmètres irrigués au Maroc, l'eau de la nappe est utilisée en l'état à la fois comme eau potable, de contact alimentaire, de lavage, d'irrigation, ... Par conséquent, l'excès d'azote est non seulement un gaspillage de ressources mais une source de pollution diffuse des aquifères.

Aujourd'hui, on sait que des rendements objectifs de 14 t/ha de sucre extractible, sont réalisables avec seulement 200-300 U/ha d'azote (et non 400 ou 500 U/ha utilisés auparavant), à la condition près d'apporter une forte dose de potasse.

Des progrès encore meilleurs sur la dose d'azote ne sont pas impossibles, en diminuant davantage les risques de pertes par lixiviation. D'importants sujets de recherche, élémentaires d'apparence, en relation directe avec ces risques de lixiviation, n'ont pas été abordés jusqu'ici dans les Doukkala, tels celui d'éviter de faire coïncider l'application de l'azote avec les épisodes très pluvieux, de localiser l'engrais à un endroit précis autour de la racine, ou encore de savoir -dans le gravitaire ou l'aspersion mal contrôlée- si c'est l'azote qui doit être appliqué avant l'eau, ou l'eau avant l'azote.

D'après une réunion toute récente de mise au point sur la betterave dans les Doukkala, des cas de non conformité avec les nouvelles directives sur l'azote semblent encore subsister dans le périmètre. Mais il n'y a pas eu d'étude pour déterminer s'ils sont liés à des problèmes objectifs non encore résolus par la recherche où à l'inefficacité du programme de vulgarisation mis en place.

Quoi qu'il en soit, une solution définitive à l'usage abusif d'azote, n'est réellement possible, que si cet élément est traité comme un fertilisant et non comme une panacée aux effets pervers du non respect des autres techniques culturales.

Du fait de son caractère mélassigène, l'azote ne peut être utilisé de façon malveillante pour corriger le déficit du peuplement comme on en recommande pour rattraper le faible peuplement pieds d'un blé, ni comme correcteur de champs de betterave fortement affaiblis par la concurrence des mauvaises herbes, faute de n'avoir pas été dés-herbé à temps.

L'azote n'est pas non plus la solution à la mauvaise conduite de l'irrigation (chaque fois que le feuillage jaunit par suite d'un excès d'eau, on rajoute l'azote pour faire reverdir la plante).

D'où la nécessité d'une maîtrise d'ensemble du schéma directeur de conduite de la betterave afin de réduire le rôle de l'azote à celui d'un simple fertilisant, y compris chez la catégorie des retardataires, des récidivistes, voire des irréductibles.

Conclusion

Trente ans après l'Opération Engrais, force est de constater l'absence de réels progrès au Maroc, en matière des grandes formules d'engrais de fond. Mis au point dans la pré-cipitation dans les années 70, pour servir de recommandations provisoires, le 14-28-14C, le 13-26-13, ... ont fini, avec le temps, par s'imposer comme équilibres de référence pour tout le pays.

Le coût d'entretien d'un réseau d'essais puissant pour mettre au point des formules définitives, semble en partie expliquer ce manque de progrès.

L'agriculteur a continué d'avancer à sa manière en essayant de tirer profit des produits provisoires existants sur le marché dont il est devenu otage, malgré leurs problèmes sous-jacents de produits déséquilibrés.

Dans plusieurs périmètres comme les Doukkala, la stratégie pour réaliser d'excellents rendements racines de betterave était entre autres de faire jouer la grosse racine du type E, la forte dose de N et d'engrais de fond trop riche en P et pauvres en K (5 qx/ha de 13-26-13 + parfois 2 qx/ha de 14-28-14C) et l'irrigation tardive.

Une telle stratégie avait entraîné un début de pollution nitrique de la nappe et un déséquilibre de la fertilité du sol dont les aspects les plus visibles à l'analyse en 1987, étaient un enrichissement en P et un appauvrissement très dangereux en K, eu égard aux exigences élevées de la betterave en cet élément.

Depuis qu'il a été lancé sur le marché dans les années 70, le 14-28-14C en particulier, est l'engrais le plus utilisé dans les grandes plaines céréalières du Maroc. Par conséquent, les mêmes problèmes remarqués dans les Doukkala (tendance à l'enrichissement général en P, épaissement progressif en K) y sont en principe attendus, après autant d'années d'utilisation, même si l'agriculture pluviale est moins consommatrice d'engrais que l'irrigué.

D'où un besoin de méthode, ne serait-ce que de première approximation, pour rétablir d'urgence un premier équilibre vital au Maroc, partout où le risque de déséquilibre des sols subsiste.

Malgré que sa performance ait été confirmée par la suite, par voie expérimentale, dans le cas des Doukkala, il ne faudrait pas accrédi-ter dans les esprits qu'avec cette nouvelle méthode on peut se passer définitivement des essais au champ. D'une mise en œuvre rapide sur le terrain, la méthode répond surtout au besoin des pays émergents comme le Maroc où l'urgence à grande échelle (dans un premier temps), est de corriger les tares sur la fertilisation.

D'autre part, la méthode a d'autres limites. Dans la mesure où elle suppose l'existence d'un réseau d'agriculteurs de référence déjà parvenus à l'objectif général poursuivi par une fertilisation raisonnée, elle n'est pas applicable aux cas particuliers des terrains vierges récemment mis en eau, à moins que ces derniers soient un réel continuum de terrains voisins déjà traités par la méthode, sur le plan climatique, pédologique et agricole ■.

**Aït Houssa A.¹, Badraoui M.²
Benbella M.¹, Agbani M.²**

Enseignants-chercheurs,

¹Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès, Maroc

²Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Maroc